N° 9 15 MAI 1932

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : **Louis OLIVIER** (1890-1910) — Directeur : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923)

Directeur : **Louis MANGIN**, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Ch. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Sciences médicales.

Le Test thermique en psycho-physiologie humaine.

En observant l'écoulement de ma propre vie j'ai acquis l'impression que deux notions devraient dominer en Biologie:

1° le rythme;

2° le processus d'harmonisation.

Le rythme est la manifestation la plus facilement décelable des adaptations aux milieux intérieur et extérieur, que le processus d'harmonisation rend nécessaires à chaque moment de la durée.

L'enseignement de Pierre Janet, au Collège de France, m'a encouragé à poursuivre mes recherches. Chaque propos du maître me paraissait offrir une base solide aux simples observations que j'avais prises sur moi-même au cours d'une vie dont la caractéristique a été, jusqu'ici, la variation de l'habitat, sous tous les climats du globe, et le changement, souvent brusque, des circonstances ambiantes, familières ou personnelles.

D'autre part, auprès de Gley pendant plusieurs années, j'ai appris du grand physiologiste la discipline technique exigeante et méticuleuse des laboratoires.

La psychologie, suivant Pierre Janet, se réduit à des conduites déclenchées par l'insatiable besoin de succès et de triomphe. Les mouvements dirigés vers un but s'observent du dehors; mais l'incitation aux mouvements est déterminée, dans l'étage supérieur de l'encéphale, par les sentiments. Les sentiments, auxquels Pierre Janet a consacré son cours, ces dernières années, sont la pièce essentielle du mécanisme de la régulation de l'action.

J'ai trop subi l'influence des techniques de laboratoire pour m'en dégager: créer des conditions expérimentales, mesurer à l'aide d'instruments précis les conséquences de la manœuvre expérimentale. A l'aide de cette méthode, Gley a pu expliquer la croissance et les corrélations fonctionnelles par une action chimique, celle des hormozones et des hormones.

Par leurs disciplines respectives, le psychologue est porté à discerner surtout la qualité en biologie et le physiologiste est poussé à ne tenir compte que des valeurs mesurables. Pierre Janet — bien qu'il admette le quantum en psychologie — proclamait encore en 1931 l'autonomie de la psychologie et refusait à la physiologie même des points d'appui. C'est la seule divergence qui me sépare du maître que j'ai choisi comme guide. Quant à Gley, il est resté fidèle à la méthode expérimentale de Claude Bernard et de Marey, qui devient, à notre époque, étroite.

Le psychisme occupe une place trop importante dans le processus d'harmonisation, à tous les instants successifs de la durée, pour qu'il soit admissible de continuer à l'éliminer des recherches biologiques de tenue scientifique. Les physiologistes et les médecins se sont emprisonnés dans une attitude qu'ils ont décrétée la seule scientifique: accepter les courbes et les chiffres et écarter les apports qualitatifs du psychisme. L'enseignement officiel s'est enrichi de documents physico-chimiques qu'il faut conserver

dans nos annales; mais il s'est aussi permis de construire sur ces faits partiels des théories générales souvent nuisibles aux progrès de la science. Les théories changent à chaque décade; cela est suffisant pour déduire qu'elles sont oiseuses. La vérité se détache d'elle-même quand elle est mûre; elle est mûre lorsque les faits sont nombreux, confirmés de tous côtés, et concordants avec d'autres séries de faits aussi solidement établis. Les psychologues ont amassé des observations soit massives et denses, soit fines et subtiles mais ils n'accordent nulle confiance aux documents physico-chimiques. Ils préfèrent, se cantonnant dans leur domaine, hypertrophier des hypothèses... Ainsi, dans les deux camps, celui des physiologistes et celui des psychologues, les faits abondent. L'égarement découle du besoin irrésistible de dépasser les faits par des doctrines générales. Entre toutes, les doctrines vitalistes et mécanistes me paraissent prématurées. Le psychologue vitaliste se refuse à examiner les découvertes physiologiques; le physiologiste et le médecin mécanistes ont des ruades de cheval ombrageux lorsqu'un chercheur se permet de faire fond sur des observations psychologiques. Ces doctrines philosophiques ayant entravé l'alliance entre psychologues et physiologistes, je les écarte; sans parti pris sur des questions insolubles je serai plus à l'aise pour puiser à la fois dans la riche documentation des penseurs et des expérimentateurs.

Dans les siècles passés, nos devanciers, poussés par le désir de comprendre l'anatomie, ont lié des vaisseaux, sectionné des organes... Ils ont pu ainsi raccorder la physiologie à l'anatomie. Ce travail, en des temps éloignés, a rendu l'essor de la biologie possible. L'anatomie, sans repérages fonctionnels, était vide d'intérêt, aussi vide d'intérêt que se trouve être aujourd'hui la psychologie sans physiologie. La persévération est un défaut de l'intelligence si constant que nous ne pouvons avec aisance sortir des ornières tracées. Ce défaut est aggravé par la spécialisation à outrance. L'analyse de phénomènes de plus en plus limités peut encore amener à des découvertes en physique et en chimie. En biologie, où la coordination préside au fonctionnement de l'organisme, l'analyse en se prolongeant détruit au lieu d'éclairer la connaissance. Ce serait la coordination elle-même qu'il faudrait étudier... Et pourtant on continue de circonscrire de plus en plus les conditions expérimentales et par conséquent de séparer de plus en plus un détail infime de la totalité organique. Voilà pourquoi, en face des progrès merveilleux de la physique et de la chimie nous constatons la stagnation de la physiologie et de la médecine. Quelques esprits d'avant-garde ont proclamé que le temps est venu de reprendre des études synthétiques. Pour ma part, avec de très modestes moyens, je me suis efforcé de féconder la physiologie par la psychologie, comme nos pères ont fécondé l'anatomie par la physiologie. Je ne pourrai pas revenir ici sur toute la méthodologie déjà exposée dans mes deux livres sur la diurèse et sur les stupéfiants[1]. J'exposerai seulement quelques résultats nouveaux sur la température du corps humain. Je me suis servi d'un seul instrument : le thermomètre. La température rectale, moins précise que la calorimétrie, offre deux avantages :

1° Le sujet libre d'agir à sa guise, peut suivre l'incitation de ses besoins et s'adapter aux circonstances suivant les impressions qu'il éprouve à chaque moment de la durée.

2° Il est facile de dresser des courbes continues de la température rectale. Les recherches calorimétriques si elles sont continues imposent au sujet des conditions anormales. Il importe de remarquer que la diurèse se prêtait mieux que la température à la notation continue d'une fonction. Pour la température, il est difficile de saisir le rythme fonctionnel dans toute sa continuité. J'aurais pu y parvenir à l'aide d'appareils encombrants mais alors j'aurais dû abandonner mes directives psychologiques. Ne voulant à aucun prix céder sur ce dernier point, j'ai dû me montrer moins exigeant sur la continuité des courbes. Toutefois mes courbes de température diffèrent de celles des médecins. Ceux-ci ordonnent à un sujet de prendre sa température rectale à heures fixées d'avance. Suivant le désir de précision, le médecin exigera une, deux, quatre, dix prises de température à des heures arbitrairement choisies. Dans un grand sanatorium des environs de Paris je signalais au médecin-chef le défaut de cette manière de procéder. Mais les habitudes du personnel sont si fortes qu'il fut impossible d'introduire les quelques corrections qui eussent rendues les courbes de température intéressantes. Voici les directives qui me guidèrent pour établir des courbes de température utilisables en psycho-physiologie :

les moments successifs de la durée ont des caractères psychologiques essentiellement différents. La vie est un rythme. Toute question de biologie doit être abordée dans la perspective du rythme. Au cours d'une journée j'éprouve des sentiments variables suivant la fluctuation des phénomènes biologiques. Ainsi, en me basant sur les renseignements fournis par l'introspection, le seul moyen de synthèse que nous possédions, je puis diviser une journée en moments successifs psycho-physiologiquement définis. Je ne prendrai pas ma température rectale à heures fixes mais je suivrai toutes les fluctuations de mes sentiments sous le contrôle du thermomètre. Par exemple, certains jours, je reste parfaitement dispos, pendant plusieurs heures de suite, assis à mon bureau, travaillant sans désemparer. Dans d'autres circonstances, j'éprouve le besoin d'agir, de déployer une énergie motrice qui crée un malaise à être contenue. Les variations thermiques dans des circonstances aussi différentes ne peuvent manquer de donner des renseignements utiles, surtout si elles sont accompagnées de notes psycho-physiologiques et médicales détail-

1. Parus chez Doin, éditeur, en 1925 et 1926.

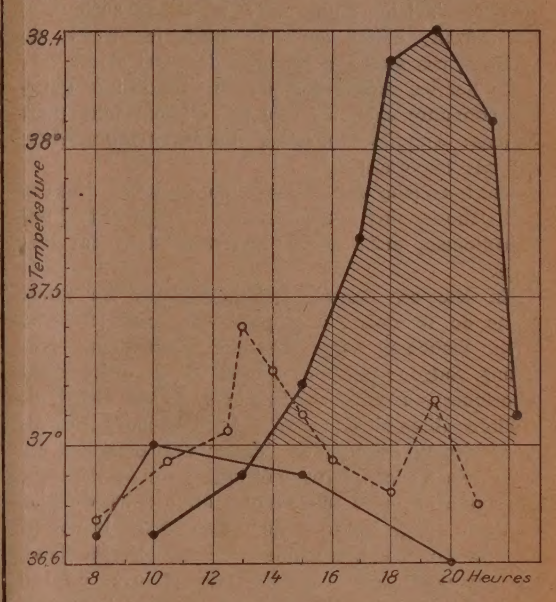
lées. Ce n'est plus l'arbitraire qui dirige la recherche comme dans les hôpitaux. Je me base sur les nuances psychologiques, reflet de mon état organique ou mental, pour fixer le moment des prises de température. Ma méthode est psychologique et physiologique. La méthode médicale n'est ni physiologique ni psychologique.

Comme l'enseigne Gley dans son traité de Physiologie, la thermogénèse forme le principal carrefour entre les fonctions de nutrition et les fonctions de relation. On atteint donc par la température le principal nœud de l'harmonie fonctionnelle. D'une manière générale, la coordination des fonctions biologiques s'effondrerait si le processus d'harmonisation n'amenait une mise au point de chaque fonction à tous les moments de la durée. Un rythme particulier, tel le rythme thermique, dépend de la totalité organique; il doit être souple et pouvoir suivant un nombre illimité de conditions fonctionnelles se modifier, s'adapter aux autres fonctions de l'organisme. J'ai appelé rythmie l'étude de l'harmonisation, à chaque moment de la durée des rythmes particuliers les uns avec les autres. Ou l'harmonie se maintient et la vie continue ou l'harmonie cesse et la maladie et la mort apparaissent.

L'une des principales différences entre l'homme et l'animal est une différenciation qualitative beaucoup plus grande d'un individu à l'autre. Aussi l'étude des rythmies, sans grand intérêt en physiologie animale, prend une importance prédominante en physiologie humaine. Je crois que l'une des œuvres essentielles à entreprendre, pour sortir la médecine de la stagnation, serait de faire une physiologie humaine sous l'angle des rythmies. Je pense apporter une très modeste collaboration à ce travail en prolongeant mes recherches sur la diurèse par quelques remarques sur la thermométrie de l'homme normal ou légèrement déficitant. L'étude que je commence forme donc un simple chapitre des rythmies. Le principal intérêt vient de ce que la thermogénèse, comme je viens de le rappeler, occupe une place intermédiaire entre le métabolisme et les fonctions neuro-motrices. Je ne chercherai pas à faire une étude complète de la thermogénèse mais je demanderai à la température rectale un test des rythmes psycho-physiologiques.

En procédant suivant la méthode exposée plus haut je n'ai pu recueillir en dix ans aucune courbe de température se rapprochant de la courbe donnée comme normale dans les traités de physiologie. Gley lui-même s'est contenté de reproduire une courbe que je retrouve dans le dictionnaire Dechambre (le texte qui renvoie à cette figure est le suivant : la courbe ci-contre empruntée à Charles Richet, dressée d'après les mensurations de Jürgensen, montre que la température centrale parcourt quotidiennement un cycle très régulier avec maximum de 5 à 7 heures du soir et minimum de 4 à 7 heures du matin).

Nous ne connaissons rien de ce Jürgensen ni sa morphologie qui a une grande importance fonctionnelle ni les caractères de la durée où devrait s'insérer sa courbe. Cette courbe reproduite dans tous les livres est dénuée d'intérêt car elle est un hiéroglyphe dont la signification aurait pu être donnée par une bonne observation psycho-physiologique, mais cette observation manque!...



Avant de terminer ce premier article, je tiens à opposer trois courbes de ma collection à la trop célèbre courbe de Jürgensen. La courbe 1 (ligne 2 fois brisée) provient d'une période de surmenage neuro-moteur sous les tropiques. (Large, petit et rondelet, je combure activement mais une légère insuffisance hépatique me rend peu résistant au surmenage neuro-moteur dans les pays chauds.) La courbe 2 (en petits traits) provient d'une période où je naviguais en Méditerranée sur une vieille carcasse de navire, le *Circassie*. Jamais je n'avais eu l'occasion de subir un roulis aussi accentué. Or, le roulis détermine chez moi une résolution musculaire totale : c'est un moyen de défense assez répandu et le seul vraiment efficace contre le mal de mer. Je me suis levé pour déjeuner. A 18 heures le roulis a diminué et j'ai pu me promener sur le pont. La courbe 3 (ombrée) est est une courbe d'activité neuro-psychique intense à la suite d'une traversée de un mois caractérisée par la suralimentation et la réduction des expansions neuro-motrices. J'ai fait ombrer l'aire de thermogénèse qui offre un sujet d'étude captivant, mais pour comprendre entièrement ces courbes il faudra de nouvelles explications. Pour le moment, je voulais opposer quelques-unes de mes courbes au schéma, sans valeur, des auteurs classiques.

René PORAK.

§ 2. — Météorologie.

Le Service Météorologique de l'Indochine.

Depuis quelques années, les services météorologiques ont pris, dans le monde entier, un essor

énorme : on peut, en effet, évaluer à 150 le nombre total des Offices météorologiques autonomes. Plusieurs raisons ont voulu qu'il en soit ainsi; la principale est d'assurer des cartes du temps aux services d'aviation; une autre, en Orient surtout, est de prévoir, autant qu'il se peut, les trajets des typhons, ces météores redoutés des navigateurs.

Le Service météorologique de l'Indochine, qui se fait connaître chaque année par d'importantes publications: *Annales*, *Bulletins pluviométriques*, *Atlas*, est très important.

Notre colonie est couverte d'un réseau dense de 252 stations, ainsi d'ailleurs que le Siam et la Chine méridionale, mais moins important dans ces deux pays.

En tête des services météorologiques de l'Indochine de 1er ordre, avec postes de soudage à Phu-Lien, Vientiane, Vinh, Tourane, Battambang, Nha-Trang, Saïgon; puis des stations de 2e ordre, sémaphoriques ou non, des stations de 3e ordre, des stations climatologiques et météorologiques, des stations climatologiques, en dernier lieu plusieurs centaines de stations pluviométriques; ces services sont en connexion avec ceux, moins importants, du Siam et de la Chine méridionale; depuis 1926, le nombre des stations de l'Indochine a été doublé. La liaison avec le poste central de Phu-Lien et avec celui de Saïgon a lieu par télégraphe et T. S. F.; Saïgon est relié par câble avec Hong-Kong et Marseille; Phu-Lien émet aussi des signaux horaires; ces liaisons seront considérablement augmentées en 1932.

Le réseau de l'Indochine est aussi en connexion par T. S. F., télégraphe et câbles avec ceux de la Sibérie, du Japon, de Zikawei (près de Changhai), de Riverkou (entre le Japon et Formose), de la côte sud de Chine, du Yangtsé, des Philippines.

Des cartes mensuelles et annuelles de pluies en Indochine sont publiées; une carte donnant la moyenne des 23 années 1907-1929 a été publiée aussi; on y voit combien est variable le nombre moyen de jours de pluie, suivant les régions: moins de 60 jours à l'ouest du Mékong et jusqu'à 210 jours au voisinage de Nha-Trang et du golfe du Siam. Dans cette dernière région, la moyenne annuelle dépasse 4.000 millimètres; nulle part, elle n'est inférieure à 500 mm. On peut évaluer la moyenne, pour toute la colonie à environ 2.000 mm. de hauteur pour l'année; de juillet à novembre, la moyenne mensuelle (1907-1929) atteint 600 mm. pour certaines régions côtières; de janvier à avril, cette moyenne mensuelle tombe à 300 mm. pour les régions les plus arrosées et n'atteint que 25 mm. pour les trois quarts de l'Indochine.

Mentionnons encore la publication de cartes isobariques mensuelles, de cartes de trajectoires des typhons dans la mer de Chine, de cartes de régimes des vents, d'isothermes. Les plus élevés, atteignant 25°, parfois 27° se présentent de juin à octobre; les variations pour les régions côtières, entre ces mois et décembre-janvier ne dépassent parfois pas 5°.

Publications en 1931 du service météorologique de l'Indochine : *Annales du Service Météorologique de l'Indochine*, *Bulletin pluviométrique*, *Atlas* in-4°, avec cartes en couleur.

J. M. B.

§ 3. — Agriculture.

L'amélioration des sols marécageux en Pologne.

La Pologne est essentiellement un pays agricole : environ 63 % de la population y vit de l'agriculture, de la sylviculture et des professions qui s'y rattachent. Aussi, dès la reconstitution de ce pays, l'Etat soutenu par l'opinion publique n'a cessé de chercher à améliorer de toutes les façons possibles la structure agraire et le rendement de l'exploitation agricole.

Précisément, le dernier numéro de la revue technique de langue française, l'*Agriculture polonaise et des Pays de l'Est européens*, a réuni des statistiques et des informations très complètes sur quelques-uns des efforts poursuivis dans cet ordre d'idées. Nous signalerons, en particulier, les travaux d'amélioration exécutés dans les parties marécageuses des terrains soumis aux opérations de remembrement. On sait, en effet, que la Pologne poursuit une vaste action de remembrement obligatoire des propriétés rurales. Or, il a été vite constaté que les terrains, dont les Offices fonciers institués par la loi opèrent le remembrement ou le parcellement se composent fréquemment de sols en partie marécageux formant des espaces peu propres ou parfois tout à fait impropres à la culture.

Aussi, depuis 1927, les Offices fonciers ont entrepris des travaux importants afin de rendre de tels terrains à la culture. Un décret du Président de la République polonaise du 16 mars 1928 est actuellement la loi fondamentale en la matière. Voici de quels résultats il a été suivi.

Deux procédés ont été employés pour transformer l'ancien marais inaccessible en prairies ou en terres cultivables de premier ordre. On a d'abord appliqué le drainage systématique des terrains, mais on a dû en diminuer l'application en raison des frais et on a alors aménagé des tranchées d'assèchement, rationnellement étudiées et asséchées.

L'importance et le développement de ces travaux, accomplis depuis 1927 jusqu'au 1er avril 1930, peuvent se résumer ainsi : il a été opéré 2.274 expertises portant sur 899.144 hectares et finalement 990 projets ont été dressés portant sur 444.228 hectares. Les travaux d'amélioration exécutés se sont répartis de la sorte : il a été creusé des tranchées et des canaux d'une longueur totale de 2.815 kilomètres ayant nécessité l'enlèvement de 5.434.740 mètres cubes de terre; on a drainé 2.249 hectares.

Il est intéressant de constater que ces travaux d'amélioration ont été beaucoup plus nombreux sur les terres soumises au remembrement que sur celles soumises au parcellement. Les expertises d'amé-

lioration se sont élevées en effet, sur les terrains remembrés à 1.934 portant sur 819.690 hectares, et, sur les terrains morcellés, à 7.290 portant sur 79.499 hectares, et sur les projets d'amélioration étudiés 894 affectant 419.836 hectares intéressaient les terrains remembrés, 96 seulement portant sur 24.392 hectares concernaient les terrains morcelés. La longueur des canaux et des tranchées creusés a été de 2.367 kilomètres dans les terrains remembrés et de 46 kilomètres sur les terrains morcelés. Enfin, on a drainé 1.797 hectares de terrains remembrés et 452 hectares de terrains morcelés.

C'est qu'en effet les travaux d'amélioration exécutés sur les terrains parcellés sont généralement plus complets que ceux exécutés sur les terrains remembrés et par conséquent plus coûteux. On veut que les acquéreurs de terrains parcellés soient en possession d'exploitations tout à fait au point. Et même, dans les provinces de l'ouest (voiévodies de Poznan et de Pomorze), on procède sur les terres parcellées en plus des travaux habituels d'amélioration, à la remise en état des travaux d'amélioration effectués dans un passé relativement ancien.

Au cours de l'année 1930-1931 (avril 1930-avril 1931), on a procédé à 245 travaux d'amélioration dont 29 ont été exécutés sur des terrains soumis au parcellement. Ces 245 travaux se sont ainsi répartis : 229 ont eu pour objet d'ouvrir et de creuser 1.047 kilomètres de canaux et de tranchées et de régulariser 51 kilomètres de ruisseaux, 16 ont été des opérations de drainage. Au total ils ont porté sur 139.806 hectares.

Les frais d'exécution de ces travaux, ainsi que les frais des travaux préparatoires, c'est-à-dire les frais d'expertise et d'établissement de projet sont à la charge des intéressés; les Offices fonciers fournissent gratuitement le contrôle technique des travaux. Toutefois, à titre exceptionnel, les intéressés peuvent être déchargés du paiement des travaux préparatoires et les Offices fonciers sont autorisés à faire l'avance des frais des travaux d'amélioration proprement dits.

Sans doute, par rapport à l'importance de l'œuvre à accomplir, les travaux d'amélioration des sols marécageux exécutés en Pologne depuis cinq ans sont encore peu nombreux. Mais, ici, le problème devient d'ordre financier et l'on sait que tous les pays de l'Europe centrale et orientale luttent actuellement, par suite des répercussions de la crise mondiale, contre de graves embarras économiques qui réduisent temporairement leurs possibilités. Mais il n'est pas douteux qu'au fur et à mesure que cette crise se résoudra, l'effort entrepris dans les conditions actuelles si difficiles se développera avec d'autant plus d'intensité que les améliorations déjà effectuées ont eu les plus heureux effets pour assurer un relèvement très considérable du rendement de la terre.

Henri DE MONTFORT.

§ 4. — Sylviculture.

Le reboisement du Massif Central.

Dans un passé lointain, le plateau de Millevaches était, au moins en grande partie, couvert de forêts. Au temps des guerres de religion, son inaccessibilité relative en fit un refuge pour les populations du bas pays. Elles y vécurent frustement, péniblement, jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. A cette époque, une grande partie des habitants retourna dans la plaine et la culture, dont on retrouve encore les sillons sous la bruyère, diminua jusqu'à céder la place à l'élevage du mouton.

Il y a un siècle, 50 millions de moutons, estime-t-on pâturaient en France; ce qu'on sait bien, c'est qu'aujourd'hui ce cheptel est réduit à 9 millions. Assurément, la bruyère, l'aliment essentiel du mouton sur le plateau de Millevaches est loin de faire défaut; bien au contraire, n'étant plus broutée, elle règne en maître et on peut faire dix, vingt kilomètres en tous sens, sans voir autre chose que bruyères et quelques rares bois de sapin.

C'est la pénurie de bergers et de bergères qui a fait disparaître les troupeaux de mouton; ce travail n'est plus assez rémunéré; c'est aussi le prix trop bas de la laine.

On s'est donc préoccupé, devant l'impossibilité de revenir à l'élevage du mouton, de le remplacer par un aménagement possible du sol, et il se trouve que le plateau de Millevaches convient merveilleusement au sapin. C'est de ce côté que les efforts se tournent.

Il est facile de planter des sapins, soit en terre de bruyère peu épaisse où prospère le douglas, arbre de choix, soit en sol profond: ici le mélèze du Japon, qui paraît exempt des maladies du mélèze d'Europe, convient. En fait, on mélange autant que possible les deux essences. Les règles de plantation sont connues, depuis un petit nombre d'années seulement. Autrefois, on plantait trop serré, à 1 mètre ou à 1 mètre cinquante. Telle forêt de 150 hectares, âgée de vingt ans, plantée trop serrée, devrait être éclaircie: le coût de la main-d'œuvre ne le permet pas, les arbres poussent en hauteur, au lieu de prendre du corps. C'est à trois mètres qu'il faut planter.

Nous disons planter et non semer. La plantation est d'un succès certain, au prix toutefois de deux regarnissages, mais le semis est soumis à de nombreux aléas. On plante des arbustes nés en pépinière, y ayant passé leurs deux ou trois premières années. La pépinière de Meymac, dirigée par M. Miné, inspecteur des forêts des plus actifs, met chaque année des centaines de milliers de plants à la disposition des planteurs. Car l'Etat assume, soit en nature, soit en espèces, la moitié des frais de plantation. Planter serait une excellente affaire si... le planteur avait le temps de couper ses arbres. Parfois oui, parfois non, car le mélèze se coupe à 25 ans et le douglas à passé 30 ans; il est vrai que dès l'âge de 18 ans, le douglas commence à

payer en graines. Graines de choix eu égard aux graines pouvant venir d'Amérique, où règnent, croit-on, de graves maladies, dont nos douglas français sont exempts.

Les agents naturels n'ont pas de prise sur les plantations ayant dépassé cinq ans; elles n'en ont que peu sur les jeunes plantations; celles-ci craignent la sécheresse; exceptionnellement, le froid terrible de février 1929 a gelé jusqu'à la moitié des jeunes sapins. Mais nous l'avons dit: deux regarnissages sont nécessaires; dans les cas ordinaires, leur total ne dépasse pas 25 % de la plantation primitive.

Les incendies sont peu à craindre, car c'est l'homme qui met le feu; or le pays est à peu près inhabité. Aussi les assurances contre l'incendie sont-elles inusitées, d'autant plus que les Compagnies d'Assurances ont, à l'encontre de leurs intérêts et de ceux des assurés, des tarifs prohibitifs.

Un essor assez grand pour planter se manifeste chez les particuliers. Il en va autrement des collectivités, en l'espèce des communes, dont beaucoup possèdent des vastes bruyères. Les usagers de ces communaux espèrent le retour du mouton, et les conseils municipaux sont en très grande majorité hostiles aux plantations.

On espère que toutefois, sur les 50 mille hectares qui pourraient être plantés, 25 mille le seront dans un avenir point trop éloigné. Le tribut que nous payons principalement à la Norvège en important des sapins, sera diminué d'autant.

J. B. M.

***

Les essences forestières de la Guadeloupe.

La Guadeloupe, avec ses quelque trente mille hectares de forêt se trouvait dans cette situation paradoxale d'être obligée d'acheter à l'étranger, en 1929 par exemple, pour dix-sept millions de francs de bois. Il n'en sera plus ainsi désormais car depuis trois ans un Service forestier a été créé et l'ingénieur des eaux et forêts qui le dirige s'emploie avec la plus louable activité à mettre la colonie en état de se suffire à elle-même. En effet, longue est la liste des essences formant les massifs forestiers de la Guadeloupe et variées sont les qualités des bois qu'ils fournissent : voici, d'après M. Grébert, Inspecteur adjoint des eaux et forêts des Colonies, chef du Service forestier de la Guadeloupe, les espèces qui semblent mériter d'être conservées et favorisées; groupons-les d'après les familles auxquelles elles appartiennent.

1. *Méliacées :*	
Mahogani (acajou)	*Swietenia Mahogani.* — Ebénisterie, menuiserie.
Acajou rouge	*Cedrela odorata.*
Bois pistolet	*Guarea Perettetii.*
2. *Laurinées :*	
Bois négresse	*Nectandra coriacea.*
Bois doux	*Phœbe elongata.*
Bois jaune	*Aniba bracteata.*
3. *Myrtacées :*	
Bois d'Inde	*Amomis caryophyllata.*
Gueppois	*Eugenia octopleura.*
Goyavier montagne	*Imrayna deflexa.*
Merisier jaune	*Eugenia nigro punctata.*
Pomme rose	*Eugenia Sambos.*
4. *Térébinthacées :*	
Gommier blanc	*Dacryodes hexandra.*
5. *Rubiacées :*	
Bois de fer	*Ixora ferrea.*
Bois résolu	*Chimarrhis cymosa.*
6. *Tiliacées :*	
Châtaignier à grdes feuilles	*Sloanea Massoni.*
— à petites feuiles	*Sloanea Sinemariensis.*
7. *Euphorbiacées :*	
Bois bandé ou marbré	*Richeria grandis.*
8. *Rutacées :*	
Acajou blanc	*Simaruba amara.*
Lépineux blanc	*Zanthoxylon aromaticum.*
9. *Guttifères :*	
Palétuvier jaune	*Symphonia globulifera.*
10. *Sapotacées :*	
Sapotillier	*Sapota Achras.*
Balata rouge	*Oxythece Hahnianum.*
11. *Rosacées :*	
Icaque	*Hirtella triandra.*
12. *Légumineuses :*	
Bois caconnier rouge	*Ormosia dasycarpa.*
Poix doux	*Inga Laurina.*
Courbaril	*Hymenaea courbaril.*
13. *Styracées :*	
Cypre oranger	*Styrax glabrum.*
14. *Polygonacées :*	
Bois rouge	*Coccolosa Barbadensis.*
15. *Challetiacées :*	
Bois côte noir	*Tapura guyanensis.*
16. *Chrysobalanées :*	
Bois gris	*Licania Ternatensis.*
17. *Borraginées :*	
Bois de rose.	*Cordia gerascanthus.*
18. *Illicinées :*	
Citronnier blanc	*Ilex sideroxyloïdes.*
19. *Ebénacées :*	
Ebène plaqueminier	*Diospyros ebenaster.*
20. *Anonacées :*	
Mahot noir	*Guettaria Ouregon.*
21. *Malpighiacées :*	
Mauricif	*Byrsonima spicata.*
22. *Ericacées :*	
Olivier montagne	*Cyrilla antillana.*
23. *Bignoniacées :*	
Poirier	*Tecoma pentaphylla.*
24. *Conifères :*	
Laurier rose	*Podocarpus salicifolius.*

L'examen de cette liste appelle quelques réflexions. On dit souvent que la détermination, l'identification des bois coloniaux est délicate et que les confusions sont fréquentes. Rien ne peut mieux illustrer cette constatation que l'examen de la petite collection de bois qui se trouve au Musée Lherminier à La Pointe-à-Pitre et dont nous avons relevé les noms lorsque nous étions à la Guadeloupe. Sur les cinquante et quelques échantillons de bois de cette collection plus de quarante proviennent d'arbres existant dans la forêt. Or, la liste donnée par M. Grébert et qui comprend 38 espèces ne comporte qu'une douzaine d'espèces communes aux deux séries.

La collection du Musée Lherminier comprend-elle donc des essences en grande partie sans importance par le petit nombre des individus répandus dans

la forêt? Cela est fort possible et le Service forestier le sait mieux que personne; aussi serait-on heureux d'avoir une notice sur cette collection, ce qui constituerait une mise au point intéressante pour les visiteurs de ce joli musée qui risquent de se laisser induire en erreur par des échantillons de bois qui n'ont peut-être qu'une valeur de curiosité botanique.

M. R.

§ 5.— Art de l'Ingénieur.

Les appareils d'allumage.

L'allumage des moteurs à explosion est une fonction trop importante pour qu'il soit utile d'insister sur la nécessité de munir ces moteurs d'appareils d'allumage impeccables. On sait que l'allumage doit se produire suivant un rythme rigoureusement défini et avec un certain décalage par rapport à la position du piston au point mort haut. Par ailleurs, on sait également que les étincelles produites par le système d'allumage doivent être aussi chaudes que possible, et cela indépendamment de la vitesse de rotation du moteur. Ces diverses conditions exigent de la part des appareils d'allumage des qualités qu'il n'est pas toujours facile de réunir. Les difficultés les plus sérieuses sont apparues lorsque l'on a cherché à développer la puissance des moteurs en accroissant leur régime et leur taux de compression. Les moteurs de petite et moyenne cylindrée, les plus courants aujourd'hui, tournent à des vitesses très supérieures à celles qu'atteignaient les moteurs utilisés autrefois sur les automobiles; ils fonctionnent, en outre, avec un taux de compression beaucoup plus élevé; les problèmes soulevés par l'allumage de tels moteurs ont été élégamment résolus. Nous nous proposons d'étudier les principaux dispositifs d'allumage employés actuellement, en notant les progrès importants qui ont permis d'adapter des dispositifs aux exigences des moteurs modernes.

La magnéto, après avoir connu une longue faveur, n'est plus aussi employée maintenant pour l'allumage des moteurs d'automobiles. Néanmoins, elle ne doit pas être considérée comme un appareil qui a fait son temps, loin de là, car dans certains cas, elle se montre supérieure aux appareils d'allumage qui l'ont détrônée. Il nous paraît donc utile de dire quelques mots des magnétos modernes qui trouvent toujours leur place sur certains types de moteurs.

Nous rappellerons, en deux mots, le principe des magnétos. Il consiste à utiliser les variations d'un flux magnétique inducteur pour créer, dans un enroulement induit, un courant à basse tension, puis à interrompre brusquement ce courant de manière à faire naître, dans un circuit secondaire, un courant à haute tension, utilisé pour la production des étincelles aux bougies. C'est dans la manière pratique dont on engendre le flux inducteur et ses variations que se distinguent principalement, les différents modèles de magnétos. Sur les unes, les plus anciennes, l'induit tourne entre les masses polaires d'un aimant en fer à cheval; cet induit porte, d'ailleurs, un bobinage de fil fin, qui constitue le circuit secondaire et il est en même temps solidaire du système de rupture qu'il entraîne dans sa rotation. Au point de vue de la réalisation, un tel ensemble est forcément délicat et, bien que les magnétos du type à induit tournant aient donné de bons résultats dans leur ensemble, on a cherché à leur substituer des machines plus simples, surtout depuis que les moteurs atteignent des vitesses de rotation élevées. C'est dans ce but notamment que l'on a construit des magnétos à induit fixe comportant soit un aimant tournant, soit un volet tournant.

Les magnétos à aimant tournant ont été très longtemps de réalisation difficile parce que les aimants de cette sorte se présentant généralement pour plus de commodité sous la forme d'un barreau, conservent mal leur aimantation. On était amené, en définitive, à leur donner la forme d'un fer à cheval, ce qui conduit à une exécution plus délicate.

C'est depuis que l'on a mis au point certains aciers spéciaux et particulièrement les aciers au cobalt, que l'on a pu construire des machines à aimant tournant donnant toute satisfaction.

Avec les magnétos à volet tournant, on ne se trouve pas en face de la même difficulté, puisqu'on peut réaliser facilement les systèmes inducteurs avec aimant en fer à cheval (Bosch) ou aimant cylindrique présentant des masses polaires en relief (magnéto Phi). L'emploi d'acier au tungstène suffit pour réaliser dans ces conditions des aimants d'excellente qualité. Quel que soit le système adopté du moment que la magnéto comporte un induit fixe, il est possible de donner à cet organe des dimensions relativement considérables, donc d'employer des isolements élevés et des fils d'assez fortes sections pour que la sécurité du fonctionnement soit très grande. En outre, l'induit fixe n'étant plus soumis aux efforts d'inertie qu'éprouve l'induit tournant est nécessairement moins sujet à une détérioration quelconque. Ainsi, tant au point de vue mécanique qu'au point de vue électrique, l'induit fixe présente des avantages énormes.

D'un autre côté, nous avons vu que, sur les magnétos à induit tournant, tout l'ensemble du rupteur fait partie de cet induit. On conçoit qu'il y a grand intérêt à séparer les éléments de la machine et notamment à rendre indépendant le rupteur. On y parvient aisément lorsque la machine est du type à induit fixe, le rupteur est alors un organe séparé, entraîné par un couple d'engrenages. Il est placé de manière à être facilement accessible ce qui permet de régler l'écartement des vis de contact avec le maximum de commodité. Dans le prolongement de l'axe du rupteur, se trouve généralement le distributeur qui bénéficie, lui aussi, des mêmes avantages d'accessibilité. Au point de vue de la réalisation, on notera en ce qui concerne le rupteur un emploi toujours plus important des vis en tungstène ou en alliage à base de ce métal comme grains de contact et en ce qui concerne le distributeur la quasi-généra-

lisation de la transmission du courant aux bougies par disrupture et non plus par contact direct au moyen de balais frotteurs; l'entretien se trouve ainsi singulièrement facilité puisqu'on n'a plus à redouter l'encrassement du distributeur, qui se produit toujours à la suite de l'usure des charbons frotteurs.

L'étincelle doit éclater au sein du mélange tonnant avec une certaine avance par rapport au point mort haut. Cette avance n'est pas constante; elle varie avec la vitesse du moteur, avec sa température, avec la charge qui lui est appliquée, etc... En réalité, la principale variable est la vitesse, aussi est-ce en fonction de cette vitesse que l'on détermine généralement l'avance à l'allumage.

Les dispositifs d'avance peuvent être automatiques ou à main. Automatiques, il ne font intervenir, pratiquement que la vitesse grâce à un système à force centrifuge. A main, on peut tenir compte de toutes les variables qui conditionnent l'emploi de l'avance, mais le conducteur doit être alors très exercé pour faire usage, judicieusement, du dispositif d'avance, mis à sa portée. On préfère, en général, employer des systèmes d'avance automatiques auxquels on adjoint, parfois, un dispositif de correction dont le conducteur peut faire usage pour améliorer les conditions de fonctionnement du moteur. Les systèmes d'avance automatique, tous basés, nous l'avons dit, sur l'action de la force centrifuge, sont réalisés de façons différentes par les constructeurs. Nous ne pouvons entrer ici dans le détail de ces réalisations. Nous observerons, simplement, que les avantages de la magnéto à induit fixe se retrouvent, en ce qui concerne le système d'avance automatique. Ce système donne des résultats bien meilleurs grâce à sa simplicité et à l'absence d'efforts d'inertie qui troublent souvent le fonctionnement des systèmes d'avance montés sur les magnétos à induit tournant.

On a beaucoup reproché aux magnétos de demander pour fournir une étincelle chaude, une vitesse de rotation relativement élevée. Ce reproche n'est pas fondé, car les magnétos munies d'aimants puissants fournissent de très bonnes étincelles aux plus basses allures. L'emploi des aciers au tungstène et au cobalt a d'ailleurs permis de conserver aux aimants leur aimantation primitive, ce qui fait qu'à l'usage les magnétos modernes ne perdent pratiquement pas de leurs qualités.

Dans certains cas, il est d'ailleurs facile d'améliorer les magnétos au moment de la mise en route du moteur. On emploie à cet effet des lanceurs spéciaux. Ce sont des appareils qui utilisent le déclenchement d'un ressort pour imprimer à la partie rotative de la magnéto une vitesse angulaire rapide pendant une fraction de tour. Cette vitesse permet à la magnéto de donner une étincelle beaucoup plus puissante que si elle était entraînée directement par le moteur. Les appareils à déclanchement sont particulièrement appréciés sur les véhicules industriels où les moteurs de grosse cylindrée ne permettent pas au conducteur d'imprimer à la manivelle une impulsion assez rapide.

On a construit également pour rendre les départs plus faciles, des magnétos spéciales, dites de lancement; les magnétos de ce genre ne sont utilisées que dans l'aéronautique.

Depuis quelques années, l'allumage par batterie qui avait été utilisé dès le début de l'automobile, puis abandonné pour la magnéto, est employé sur la majorité des voitures. Ce dispositif consiste en principe en un rupteur, un transformateur de tension, et un distributeur; appareils que l'on connaît déjà puisqu'ils existent dans toute magnéto. Pour fournir le courant à basse tension que l'on produit dans la magnéto, par variation du flux inducteur, on utilise, dans le système d'allumage par batterie les accumulateurs.

Les accumulateurs constituant la source d'énergie qui permet de faire fonctionner le système d'allumage, il est évident qu'ils jouent un rôle capital dans la marche de l'installation. De grands progrès ont été réalisés dans la fabrication des accumulateurs et l'on peut dire qu'aujourd'hui l'automobiliste dispose de batteries particulièrement sûres qui remplissent très bien leurs fonctions du moment qu'on leur donne un minimum de soins.

Bien que les défaillances de la batterie d'accumulateurs soient rares, on a songé à installer sur la voiture une batterie de secours, qui puisse, en toute occasion, suppléer à la carence de la batterie normale. La solution le plus élégante à cet égard consiste dans le dispositif « Reserwatt » qui utilise une petite batterie d'accumulateurs fer-nickel dont on connaît les remarquables qualités au point de vue de la tenue de charge. Cette batterie auxiliaire est rechargée par la dynamo et un dispositif spécial permet de répartir la charge entre la batterie principale et la batterie auxiliaire, compte tenu de leur résistance apparente respective. On est ainsi assuré d'avoir toujours à sa disposition une batterie chargée à fond capable de suppléer pendant quelques heures à la batterie principale. Les autres éléments du système d'allumage par batterie étant analogues à ceux que nous trouvons dans la magnéto, à induit fixe, nous n'entreprendrons pas de les décrire. Nous examinerons rapidement toutefois, quelques dispositifs spéciaux qui présentent des particularités remarquables.

Si l'on peut reprocher à la magnéto de donner des étincelles faibles aux basses allures, il faut lui accorder qu'aux régimes élevés elle assure toujours l'allumage du moteur dans d'excellentes conditions. On pourrait adresser le reproche inverse aux dispositifs courants d'allumage par batterie qui fournissent de très bonnes étincelles au départ mais ne permettent pas toujours d'avoir un allumage régulier aux grandes vitesses. Cet inconvénient provient de ce que nous pourrions appeler « l'inertie électrique » de la bobine transformatrice. On est parvenu à réduire cette inertie électrique en disposant dans le circuit primaire de la bobine une résistance spéciale. Mais on a surtout réalisé de bonnes conditions d'allumage à toutes les allures en employant des systèmes de rupture spéciaux.

Il existe en particulier un appareil construit par Paris-Rhône, qui permet d'obtenir une étincelle constante grâce à une came spécialement étudiée pour que le temps laissé au courant pour s'établir dans le primaire de la bobine transformatrice reste sensiblement le même quelle que soit la vitesse du moteur. La came spéciale est montée sur l'axe du rupteur sur lequel elle peut coulisser, des masselottes provoquent ses déplacements et la came descend d'autant plus bas que la vitesse est plus grande. Les arêtes d'attaque des bossages sont disposées autour de la came suivant des hélices dont le sens et le pas ont été choisis tels que, dans le mouvement de descente de la came, le point d'attaque du linguet sur la came varie en avançant sur la rotation d'une quantité qui correspond justement à l'avance à l'allumage convenant à chaque vitesse. L'avance automatique est ainsi réalisée.

D'autre part, la largeur de chaque bossage décroît de bas en haut suivant une certaine loi, de telle sorte que la durée relative pendant laquelle chaque bossage soulève le linguet et maintient le contact coupé, est importante au bas de la came, c'est-à-dire à faible vitesse, et minimum au contraire au sommet, qui vient en position du linguet, lors de la plus grande vitesse.

Grouper les avantages de la magnéto et de l'allumage par batterie sans en réunir les inconvénients est naturellement très séduisant. On est parvenu à ce résultat avec un certain nombre d'appareils et notamment avec les magnétos à induit fixe, qui se prêtent particulièrement bien à une utilisation de leurs principaux organes pour l'allumage par batterie.

Certaines de ces machines mixtes, la magnéto Phi, le « Voltex » par exemple, demandent pour fonctionner comme magnéto ou comme système d'allumage par batterie qu'on leur adjoigne une bobine transformatrice. La simple manœuvre d'un commutateur permet d'utiliser le dispositif soit comme magnéto, soit comme système d'allumage par batterie; on se sert du distributeur et du rupteur faisant partie de la magnéto et de la bobine séparée pour l'allumage par batterie.

D'autres appareils ne demandent pas qu'on leur adjoigne une bobine transformatrice; c'est le cas de l'Alco (S. E. V.), c'est la bobine de la magnéto elle-même que l'on utilise dans ce but. Un commutateur permet de passer de l'allumage avec le courant des accus à l'allumage sans accus. Le dispositif est d'ailleurs prévu pour que le courant fourni par la batterie s'ajoute à celui qui provient de la magnéto. On obtient ainsi des étincelles chaudes à très basse vitesse, l'allumage étant alors fourni pour ainsi dire, exclusivement par la batterie.

Aux grandes allures, le courant de la magnéto s'ajoute au courant fourni par la batterie; puis le domine de plus en plus ce qui permet d'obtenir des étincelles dont la qualité s'améliore avec la vitesse. En dehors de ses avantages de rendement, ce système d'allumage combiné est encore précieux parce qu'il met à l'abri de toute panne, soit en cas d'abandon de la batterie, soit en cas de non-fonctionnement de la magnéto. Cette remarque est du reste applicable évidemment, aux appareils à double allumage qui ne conjuguent pas comme le fait l'Alco, les effets magnéto-batterie.

L. P.

*
**

L'électrification du chemin de fer de Paris à Orléans [1].

La longueur des lignes électrifiées du chemin de fer de Paris à Orléans atteint actuellement 228 km:

204 km. de Paris à Vierzon, par les Aubrais-Orléans; 24 km. de Brétigny à Dourdan, section de banlieue de la ligne de Brétigny à Tours par Vendôme.

Sur ces 228 km., 54 km., de Paris-Austerlitz à Etampes, sont à quadruple voie.

On sait que l'électrification a été exécutée conformément aux règles générales définies en 1920 par le Ministère des Travaux Publics, à savoir:

Distribution primaire en courant triphasé 50 périodes; courant de traction en courant continu 1.500 volts. La tension sur les lignes triphasées de la distribution primaire sera unifiée à 220.000 volts après les transformations en cours. Après réduction à 90.000 volts pour le service de traction, le courant est transformé en courant continu 1.500 volts par des sous-stations espacées en moyenne de 20 à 25 km.

Outre l'avant-gare de Paris, la zone électrifiée comprend quatre grandes gares de triage: Juvisy-Ceinture, Brétigny, les Aubrais-Orléans, et Vierzon.

Alors que la longueur électrifiée ne représente que 3 % de celle du Réseau en 1930, le nombre de kilomètres de trains électriques a atteint 14,4 % des kilomètres de trains, et celui des tonnes kilométriques 19 %.

La quantité d'énergie consommée par les trains électriques a atteint $114,5 \times 10^6$ kwh., comptés en basse tension à l'entrée des stations, soit 22,5 kwh. pour 1.000 t.-km. remorquées.

Cette consommation a remplacé 230.000 t. de charbon, soit 1 kwh. pour 2 kg. de charbon.

L'énergie provient actuellement de l'usine de Coindre sur la Rhue qui fait partie de la concession de la haute Dordogne, et de l'usine d'Eguzon sur la Creuse.

La production totale de ces deux usines s'est élevée en 1930 à 271×10^6 kwh.

L'économie de conduite et d'entretien des machines imputable au remplacement de la vapeur par l'électricité s'est élevée à 2 fr. par kilomètre de train, soit 19 millions de francs en 1930.

Dans l'exploitation des grandes gares de triage, la locomotive électrique est supérieure à la machine à vapeur qui se prête mal à un service irrégulier.

En janvier 1931, la Compagnie a demandé l'au-

1. *Bulletin de la Sté d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, n° de nov. 1931, communication de M. Sabouret.

torisation de poursuivre l'électrification d'Orléans à Tours, soit 115 km., et de Vierzon à Brive, soit 300 km.

Les travaux d'Orléans à Tours ont été engagés aussitôt après l'approbation ministérielle donnée en septembre 1931.

La Compagnie a été également autorisée à exécuter l'usine-barrage de Marèges, la dernière et la plus importante de sa concession de la haute Dordogne.

On estime que quand les deux prolongements nouveaux seront terminés, une locomotive électrique remplacera 2,3 locomotives à vapeur.

Au début de l'électrification, comme il n'existait pas de type de machine puissante reconnue apte aux grandes vitesses, le Réseau du P.-O. acquit cinq machines de trois types différents pour les comparer et préparer une commande ultérieure.

L'expérience a permis actuellement de faire un choix et de mettre en commande un lot de vingt-cinq machines puissantes, dérivées du type jugé le meilleur. Il sera ainsi possible d'accroître la vitesse commerciale des trains rapides qui n'a pas jusqu'ici bénéficié de l'électrification.

Le gros de l'effectif des locomotives électriques est constitué, comme on sait, par des machines à deux bogies moteurs.

Les grandes réparations du matériel électrique sont assurées par des ateliers spéciaux, situés à Vitry-sur-Seine.

Ph. T.

***

Le sciage des métaux à froid.

Les machines à gros débit utilisées à froid exigent que la vitesse périphérique des scies circulaires employées soit très élevée. Il est donc indispensable que les scies présentent une grande résistance, non seulement à l'action de la force centrifuge mais surtout aux efforts dus à la pénétration des dents dans le métal. Il faut aussi qu'elles permettent un dégagement facile des copeaux. Enfin, en raison du travail très important imposé aux dents, celles-ci doivent présenter des qualités particulières, et notamment être insensibles aux élévations courantes de température.

On est parvenu à satisfaire à ces diverses conditions en employant des scies à dents rapportées. Pour que la denture offre toutes les qualités désirables, il est nécessaire que les dents soient en acier rapide. Or, si l'on voulait exécuter ces dents dans un disque d'acier rapide, on se trouverait en face de sérieuses difficultés, notamment parce que le laminage des tôles d'acier rapide est très délicat. On évite cet inconvénient en employant des dents rapportées, puisqu'il n'est plus besoin d'employer que de petites masses de métal.

Les dents rapportées sont rendues solidaires du disque central au moyen d'encoche et de goupilles; parfois, plusieurs dents sont exécutées dans un même segment; les divers segments sont fixés sur le disque central au moyen de rivets.

Les conditions de résistance de la denture sont obtenues en utilisant les aciers rapides. Les dents rapportées permettent, en même temps un dégagement facile des copeaux puisqu'il est possible de leur donner une largeur légèrement supérieure à celle du disque dans lequel elles sont encastrées.

En dehors des perfectionnements apportés à la fabrication des lames des scies à métaux, il y a lieu d'observer que les machines à scier ont été aussi l'objet d'importants progrès.

On remarque en particulier, sur certaines machines très modernes, un dispositif d'avance de la pièce à scier qui permet, grâce à un régulateur automatique de proportionner la vitesse d'avance à la dureté du métal et à la section offerte au passage de la lame.

Ce système d'avance est du type mécanique ou hydraulique; cette dernière disposition permet d'obtenir une très grande souplesse dans la manœuvre de la machine et d'éviter les à-coups, les brusques changements de charge très préjudiciables à la durée des lames.

Il est à noter, en outre, que le système hydraulique peut aussi être appliqué au serrage de la pièce entre les mors de l'étau qui la maintient; en employant des métaux spéciaux dans lesquels un coin poussé par un piston produit le déplacement des mâchoires, on évite le desserrage accidentel de la pièce, au cas où la pression viendrait à tomber dans la canalisation du dispositif hydraulique. Le serrage, par ce procédé, est très rapide et très sûr. Il permet d'augmenter sensiblement le débit de la machine.

L. P.

LA SPECTROSCOPIE DES BANDES ET LES ÉLÉMENTS ISOTOPES

L'isotopie est sans doute l'une des particularités les plus remarquables que les corps radioactifs nous aient apprises sur la nature des éléments chimiques. Ce que la chimie nomme un « élément », comporte souvent plusieurs types d'atomes, et si nous associons l'idée d'élément à celle d'un atome de structure déterminée nous dirons qu'il y a là en réalité plusieurs éléments que la chimie ne sait pas distinguer: ce sont des *isotopes*. Deux isotopes ont la même *charge électrique totale du noyau atomique*, et par suite même nombre et même arrangement des électrons qui gravitent autour de lui: en particulier les électrons extérieurs sont disposés de même, ce qui signifie que les propriétés chimiques sont identiques.

Mais, sauf qu'ils portent une même charge totale, les noyaux sont différents: les isotopes se distinguent partout où interviennent les propriétés du noyau, en particulier sa masse.

Le noyau se manifeste directement par sa destruction spontanée chez les éléments radioactifs. Il y a parmi eux un grand nombre d'isotopes puisque sur 38 éléments environ que l'on connaît dans les séries radioactives, il n'y a que 10 valeurs distinctes de la charge du noyau, c'est-à-dire 10 éléments distincts au sens chimique. Dans les éléments non radioactifs, c'est la *masse* qui différencie presque seule deux atomes isotopes. La différence de masse a permis à J.-J. Thomson, puis à Aston de les mettre en évidence. Le « spectrographe de masse » utilise les déviations conjuguées électrique et magnétique des rayons positifs, qui sont des atomes ionisés par perte d'électrons: la déviation dépend du rapport de la charge de ces ions — nombre d'électrons perdus par l'atome — à leur masse — masse du noyau —. C'est ainsi qu'un grand nombre d'isotopes ont été découverts, ceux du chlore, du brome, du néon, du krypton, du mercure, pour n'en citer que quelques-uns.

Cependant le grand moyen d'investigation touchant les atomes et les molécules est l'analyse de leurs spectres: comment la spectroscopie pourra-t-elle nous renseigner sur les isotopes? Les *spectres atomiques* sont émis par les électrons extérieurs et le noyau n'y intervient que par la *structure hyperfine* des raies. Cette question est encore très obscure et les opinions sont partagées sur le rôle à assigner aux isotopes dans la production de ces structures; nous n'en parlerons pas ici. Tout au contraire dans les *spectres moléculaires* ou *spectres de bandes* l'isotopie se manifeste par un effet relativement facile à prévoir et à observer. Nous nous proposons ici de donner quelques notions sur ce phénomène et de résumer les principaux résultats, fort intéressants, auxquels son étude a conduit.

Il nous faut avant tout rappeler les notions indispensables sur la structure et l'origine des spectres de bandes. Ils sont d'une prodigieuse complication, et c'est merveille qu'on ait réussi à se reconnaître dans ce dédale. Une *bande* apparaît avec des moyens de dispersion médiocres comme un spectre continu limité d'un côté par une *arête* plus ou moins bien marquée et dégradé de l'autre; avec des moyens dispersifs puissants elle peut être résolue en un nombre souvent très grand de raies fines. Ces raies se laissent grouper en multiplets et classer en séries suivant des lois que nous esquisserons plus loin. Le spectre d'une molécule comprend souvent un très grand nombre de bandes, pouvant s'étendre de l'infra-rouge le plus lointain à un ultra-violet également très lointain. Les bandes d'un spectre se répartissent en *groupes* de telle sorte que les arêtes ou *têtes de bandes* d'un groupe s'ordonnent en séries suivant des lois analogues à celles qui classent les raies dans une bande.

Comme pour les spectres atomiques nous admettons que chaque raie est émise lorsque la molécule passe d'un état stationnaire à un autre, et que la fréquence ν est proportionnelle à la différence des énergies E de ces deux états, suivant la relation universelle :

$$E_1 - E_2 = h\nu.$$

Demandons-nous donc quelles sont les *transitions* possibles dans une molécule. Elle peut tourner autour de son centre de gravité : elle possédera des états stationnaires de rotation, donc des *transitions de rotation;* les atomes peuvent vibrer à l'intérieur de la molécule, d'où des *transitions de vibration;* il peut enfin y avoir réarrangement des électrons des divers atomes dans la molécule, c'est-à-dire des *transitions électroniques*. Une raie résulte en général de trois transitions, électronique, de vibration, et de rotation, simultanées. On peut donc écrire

$$\nu = \nu_e + \nu_v + \nu_r,$$

ν_e désignant la fréquence (ou, pour s'exprimer plus correctement, la différence d'énergie divisée par h) due à la transition électronique, ν_v la fréquence de vibration, ν_r la fréquence de rotation. Dans l'émission d'une raie, il y a au total diminution de l'énergie de la molécule, mais il peut y avoir augmentation de l'énergie de vibration ou de l'énergie

de rotation qui sont toujours petites vis-à-vis de l'énergie électronique: en d'autres termes ν_e est toujours positif mais ν_v et ν_r ont un signe quelconque. Un groupe de bandes correspond à une transition électronique unique, les bandes d'un groupe aux différentes transitions de vibration possibles, les raies d'une bande aux différentes transitions de rotation.

Dans certaines molécules, des transitions de rotation peuvent se produire seules: on aura des *bandes de rotation pure*, qui à cause de leur fréquence relativement faible sont dans l'infra-rouge lointain (50 à 100 μ de longueur d'onde), région difficilement accessible à la spectroscopie. Il n'en sera pas question ici. On peut avoir aussi des *bandes de vibration-rotation* sans transition électronique qui se trouvent dans l'infra-rouge proche du visible. Les *bandes électroniques* enfin peuvent s'étendre jusqu'à l'ultra-violet lointain.

Demandons-nous tout de suite où interviendront les différences entre les isotopes dans la production de ces spectres. Sur les transitions électroniques aucune influence perceptible, du moins jusqu'à présent. Au contraire l'énergie de rotation dépend directement du moment d'inertie de la toupie, l'énergie de vibration de la masse du vibrateur. Nous prévoyons donc à l'intérieur d'une bande un *effet de rotation*, et dans un groupe de bandes un *effet de vibration*. Avec une molécule dont l'un des atomes composants aura deux isotopes, nous aurons deux bandes au lieu d'une ou deux groupes au lieu d'un, dont les raies ou les bandes seront légèrement décalées les unes par rapport aux autres, toute différence d'énergie entraînant une différence proportionnelle de fréquence.

Pour donner des lois quantitatives nous devons étudier sommairement la structure d'une bande et d'un groupe.

Quand on examine une bande avec une grande dispersion, on voit que les raies qui la composent s'accumulent d'un côté et s'éloignent de l'autre: d'où l'aspect de l'arête et du dégradé. On voit en outre un petit espace vide généralement assez près de l'arête, comme si une raie manquait à cet endroit: la position de cette *raie nulle* doit être prise comme origine ou comme point de départ pour numéroter les raies de la bande. Ce faisant on trouve que les raies se répartissent en séries ou comme on dit, en *branches*, généralement au nombre de trois dont les fréquences sont des fonctions du second degré de leur numéro m :

Branche R : $\nu = A + 2Bm + Cm^2$
Branche P : $\nu = A - 2Bm + Cm^2$
Branche Q : $\nu = A + Cm^2$.

On représente une bande en portant en abscisses les fréquences et en ordonnées les numéros m : les trois branches sont alors représentées par des arcs de parabole. Pour $m = o$ il n'y a pas de raie, c'est la raie nulle; l'une des branches P ou R (suivant le signe de C) comprend le sommet de la parabole qui correspond à l'arête de la bande. Ainsi l'arête d'une bande est le résultat de l'accumulation d'un nombre fini de raies; sa position par rapport à l'origine varie d'une bande à une autre et elle n'a pas de signification physique importante.

Les formules écrites ci-dessus traduisent dans le langage actuel les *lois de Deslandres* trouvées empiriquement vers 1885 et que nous pouvons maintenant déduire de la théorie. De ce que le moment cinétique doit être un multiple de $h/2\pi$ on déduit aisément que l'énergie d'un rotateur est

$$E_r = \frac{m^2h^2}{8\pi^2 I}$$

où I est le moment d'inertie et m un nombre entier (quantum de rotation). Dans les transitions m est assujetti à une loi de sélection $m' - m = o$, $+1$, ou -1.

Par suite de la transition électronique concomitante et aussi de la vibration, le moment d'inertie change entre les deux états, et on a:

$$\nu_r = \frac{m^2h^2}{8\pi^2 I} - \frac{m'^2h}{8\pi^2 I'}$$

en développant avec $m' = m + 1$ on retrouve la branche R, avec $m' = m - 1$ la branche P; avec $m' = m$ la branche Q. Le terme constant des formules des branches est le $\nu_e + \nu_v$ de la bande considérée.

Ce type à trois branches est le plus simple possible; il est assez rarement réalisé et les choses

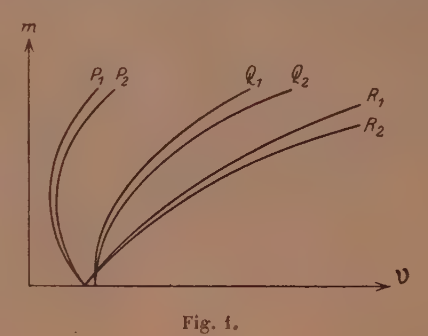


Fig. 1.

sont en général compliquées par l'existence d'une *structure fine*. La figure 1 montre un type répandu dans lequel chaque raie est remplacée par un doublet dont les composantes s'écartent quand on s'éloigne de l'origine, mais il existe des struc-

tures beaucoup plus complexes donnant des bandes avec 6, 8, 9, 12 branches.

La principale cause de la structure fine des bandes est la structure fine des niveaux d'énergie électroniques; mais nous allons montrer que l'effet d'isotopie entraîne aussi une structure fine de la bande dont l'aspect est d'ailleurs très caractéristique et facile à distinguer des autres, en particulier de celui que nous avons représenté. Considérons donc un corps ayant des molécules de deux espèces, renfermant, combinés à un même atome de masse μ_2 respectivement des atomes isotopes de masses μ_1 et $\mu_1 + \Delta$. Le moment d'inertie est $I = \mu r^2$ ou μ est la masse réduite définie par $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2}$. La différence d'énergie entre les états de même quantum m est:

$$\Delta E_r = \frac{m^2 h^2}{8\pi^2 r^2}\left(\frac{1}{\mu_1} - \frac{1}{\mu_1 + \Delta}\right)$$

on trouve en explicitant le calcul:

$$\Delta E_r = \delta \cdot E_r$$

d'où

$$\Delta \nu_r = \delta \cdot \nu_r$$

avec

$$\delta = \frac{\Delta}{M} \frac{\mu_2}{\mu_1}$$

où M désigne la masse moléculaire moyenne (la différence Δ entre les isotopes étant toujours petite). δ vaut en général quelques centièmes; comme la bande s'étend souvent à 100 Å de la raie nulle le déplacement atteint 1 Å.

Quant à la structure qui en résulte pour une bande simple, elle se voit immédiatement (fig. 2).

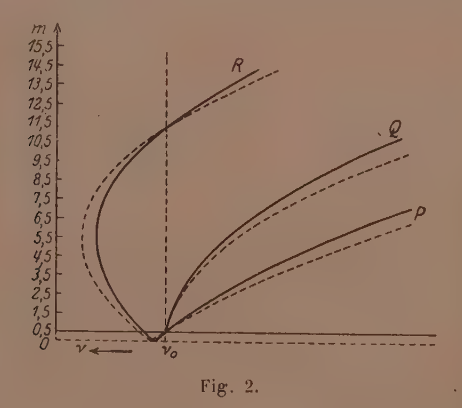


Fig. 2.

Elle est caractérisée par ce fait que les deux branches R (ou P) se croisent sur l'ordonnée de la raie nulle. Les plus petits ν_v correspondent toujours à l'isotope le plus lourd.

Envisageons maintenant un groupe de bandes. Quand nous parlerons de la fréquence d'une bande c'est la raie nulle que nous voulons dire et non l'arête: les lois que Deslandres a découvertes en se servant des arêtes se vérifient bien mieux avec les raies nulles. Ces lois consistent en ce qu'on peut classer les bandes d'un groupe de deux façons en familles, de telle sorte que les fréquences des bandes d'une famille soient des fonctions quadratiques de leur numéro d'ordre. Ces deux séries de familles permettent de construire un tableau à double entrée où une bande est caractérisée par les numéros de sa ligne et de sa colonne n' et n'': on l'appelle la bande (n', n''). La théorie montre que l'énergie de vibration est de la forme:

$$E_v = an - bn^2,$$

en sorte que

$$\nu_v = (a'n' - b'n'^2) - (a''n'' - b''n''^2),$$

ce qui donne bien pour une valeur donnée du quantum n' du niveau de départ une famille dont les fréquences sont fonction du second degré de n'' et inversement. La raie nulle de la bande (o,o) du groupe donne la fréquence électronique ν_e pure.

Le coefficient a est proportionnel à $\frac{1}{\sqrt{\mu}}$, le coefficient b, toujours petit devant a, à $\frac{1}{\mu}$. On en conclut que si on a des molécules contenant des atomes isotopes, la différence de fréquence des bandes correspondantes est:

$$\Delta \nu_v = \frac{1}{2} \delta \cdot \nu_v$$

δ étant le facteur défini tout à l'heure.

La séparation est donc nulle à l'origine du groupe pour la bande (o,o); et, les groupes s'étendant souvent à plus de 1.000 Å de leur origine, les séparations atteignent une dizaine d'Angströms.

Pour une raie déterminée l'écart total des deux composantes résulte de la superposition des effets de vibration et de rotation:

$$\Delta \nu = \delta\left(\frac{1}{2}\nu_v \pm \nu_r\right)$$

car ils peuvent être de même sens ou de sens contraires. La décomposition d'une bande indiquée

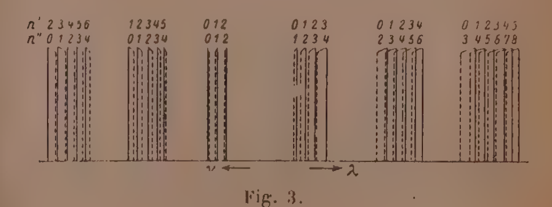


Fig. 3.

par la figure 2 n'est donc réalisée telle qu'elle que pour une bande (o,o). Pour tout le groupe l'aspect général est celui de la figure 3.

Il est grand temps de quitter ces généralités pour étudier les cas où les effets d'isotopie se sont manifestés dans l'étude expérimentale des spectres de bandes. Disons tout de suite que l'observation a toujours exactement confirmé les prévisions que nous avons développées. Nous considérerons en premier lieu le *bore*, important par le nombre de travaux qui lui ont été consacrés; ensuite les *halogénures cuivreux*; puis l'isotopie du *chlore* observée sur l'acide chlorhydrique et qui paraît de plus en plus compliquée; enfin les exemples du *lithium*, du *glucinium*, et de l'*oxygène* ce dernier nous amenant à parler d'expériences très curieuses sur la transmutation des éléments.

Le spectre du *protoxyde de bore* BO, dans ses nombreuses bandes (4 groupes) met fort bien en évidence les deux isotopes B^{10} et B^{11}. Les bandes sont trop serrées pour être étudiées raie par raie; on ne peut donc pas connaître leur raie nulle. Ceci empêche de rechercher l'effet de rotation et oblige de se contenter pour l'effet de vibration de mesurer les écarts des arêtes des bandes, ce qui comme nous l'avons vu n'est pas très correct. Le facteur δ calculé à l'avance est 0,0593, donné par l'observation il est 0,0595. C'est ici grâce à l'effet d'isotopie qu'on a pu identifier avec certitude la molécule qui produit le spectre observé. Celui-ci avait été primitivement attribué à l'azoture de bore BN parce que dans les expériences la luminescence est excitée par l'azote actif: mais la valeur de δ calculée pour BN n'est pas du tout celle que l'on observe.

C'est aussi l'effet d'isotopie qui a conduit à une découverte de grande importance théorique faite sur ce spectre. La séparation des bandes des deux isotopes s'annule à l'origine du groupe et ceci permet de fixer sans aucun doute cette origine, ce que nous avons appelé jusqu'à présent la bande *(o,o)*. On a remarqué ici qu'on ne parvient pas bien à représenter par des formules du type que nous avons donné les fréquences des bandes. Les formules s'ajustent beaucoup mieux sur les résultats expérimentaux si, avec de nouveaux coefficients on donne à n' et à n'' des valeurs *demi-entières,* avec pour la bande origine (1/2, 1/2). C'est ce qu'on a fait et, d'abord, sans aucune justification théorique. Or la mécanique ondulatoire, qui précisément perfectionne beaucoup la théorie, assigne aux quanta de vibration des valeurs demi-entières. La même chose a lieu d'ailleurs pour les quanta de rotation (d'où les nombres qu'on lit pour les m sur la figure 2).

Le spectre donne aussi le rapport des quantités des isotopes. On le déduit du rapport des intensités des têtes de bandes homologues. Ceci est d'ailleurs moins simple qu'on pourrait le croire: les intensités dépendent en effet de la probabilité de la transition correspondante et du nombre des molécules existant dans l'état initial de cette transition; ce nombre à son tour dépend de la proportion des atomes isotopes mais aussi de l'énergie de l'état envisagé de la molécule. Le nombre de molécules possédant l'énergie E est en effet d'après la formule de Boltzmann proportionnel à $\exp\left(-\frac{E}{kT}\right)$ et ce facteur est différent d'une bande à une autre. Lorsqu'on discute à fond toutes ces influences (1) on aboutit à une concordance remarquable de tous les rapports d'intensités des bandes pour fournir le rapport des quantités des isotopes: on trouve $B^{11}/B^{10} = 3{,}63$.

L'étude des halogénures cuivreux CuF, CuCl, CuBr, et CuI, étude qui porte sur 44 groupes avec plus de 1.000 têtes de bandes, nous donne des exemples où les deux atomes formant la molécule ont tous deux des isotopes (il n'est pas trop tard pour remarquer ici que nous n'avons de bonne théorie et d'étude fructueuse des spectres de bandes que des molécules diatomiques). On observe donc ici les bandes de toutes les molécules qui peuvent exister, soit:

$Cu^{63}F$, $Cu^{65}F$
$Cu^{63}Cl^{35}$, $Cu^{63}Cl^{37}$, $Cu^{65}Cl^{35}$, $Cu^{65}C^{37}$,
$Cu^{63}Br^{79}$, $Cu^{63}Br^{81}$, $Cu^{65}Br^{79}$, $Cu^{65}Br^{81}$,
$Cu^{63}I$, $Cu^{65}I$.

Les valeurs du facteur δ sont indiquées par la figure 4 (on y a joint l'hydrure de cuivre CuH).

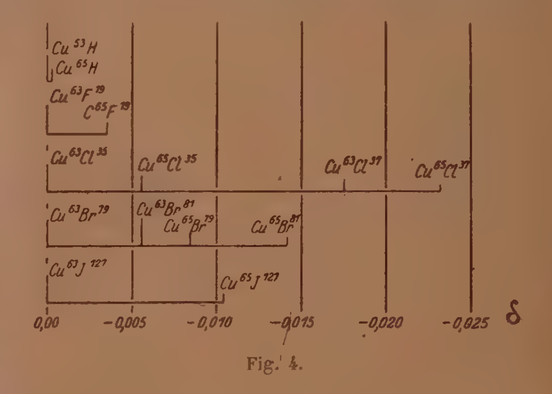


Fig. 4.

Nous voyons que si on considère l'un des atomes, Cu par exemple, δ croît avec la masse atomique de l'autre, comme le montre son expression qui est ainsi confirmée. L'avantage de l'iodure dans cette étude est manifeste, et ce d'autant plus que l'iode est un élément simple.

1. Cf. Elliott : *Zeitsch. für Phys.*, t. LXVII (1931), p. 75.

Le premier exemple connu d'isotopes se manifestant dans les spectres est celui de l'acide chlorhydrique dont le spectre infra-rouge d'absorption montre les raies du chlore 35 et celles du chlore 37. Cela se voit surtout sur une bande de vibration-rotation pure correspondant à la transition $n' = 2$, $n'' = o$ (bande 1re harmonique) dont la longueur d'onde moyenne est 1 µ,76. On découvrit que chaque raie de cette bande paraissait double, ce qui fut quelques années plus tard interprété comme provenant des deux isotopes (fig. 5). Ces doublets ont tous même écartement, ils manifestent le déplacement d'ensemble de la bande par effet de vibration. Tout récemment ces observations ont été reprises [1] et un nouveau satellite de chaque raie est apparu qui correspond parfaitement à un isotope de masse 39. On aperçoit même sur la figure 6 extraite du mémoire cité des raies faibles qui indiquent peut-être la présence du chlore 40. Ajoutons toutefois que d'autres auteurs nient l'existence du chlore 39.

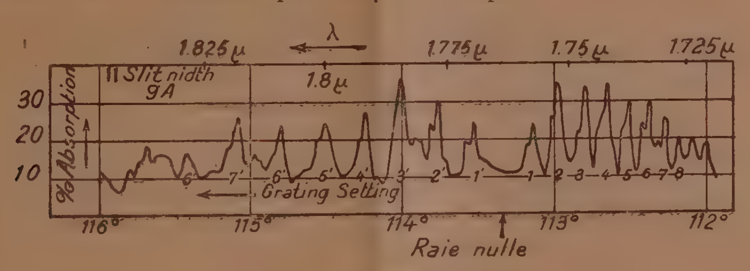


Fig. 5.

Les manifestations des isotopes dans les spectres de bandes se multiplient. Le lithium montre des isotopes de masse 6 et 7. Les bandes de l'hydrure de lithium LiH observées dans l'arc au lithium jaillissant dans une atmosphère d'hydrogène, ont été étudiées raie par raie. Ce spectre d'ailleurs ne présente pas de bandes nettement individualisées, il se montre composé d'un très grand nombre de raies (comme le spectre secondaire ou spectre moléculaire de l'hydrogène) et n'en est que plus difficile à débrouiller. On observe ici un phénomène très curieux: au début le Li^6 se combine plus vite à l'hydrogène que le Li^7 et le rapport des intensités est de 1 à 2; plus tard ce rapport est comme dans l'élément chimique lithium de 1 à 13. Cela donne beaucoup à penser sur la prétendue *identité* de propriétés chimiques des isotopes.

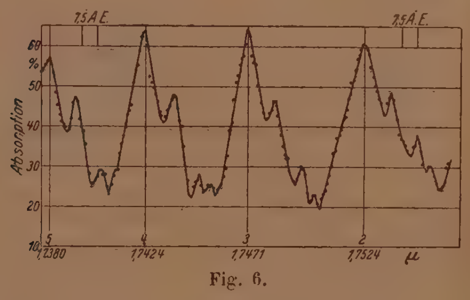


Fig. 6.

L'hydrure de glucinium GlH a révélé l'existence de Gl^8 à côté de Gl^9; et le rapport des quantités est comme 1 à 2.000. On voit là la sensibilité des méthodes spectroscopiques bien supérieure à celle de la méthode d'Aston.

Nous avons gardé l'oxygène pour la fin. Par un singulier hasard l'élément choisi pour base des masses atomiques est un mélange de trois isotopes au moins: O^{16}, O^{17}, O^{18}. Il est juste d'ajouter tout de suite que O^{16} est largement prédominant: O^{18} est avec lui dans le rapport de 1 à 630; O^{17} encore beaucoup moins abondant. Si on prend pour masse atomique de O^{16} 16 exactement on trouve pour O^{18} 18.0065: l'écart avec une valeur entière est du même ordre que pour l'hydrogène ou l'azote. O^{17} a été reconnu récemment dans certaines bandes d'absorption de l'air: on avait déjà soupçonné sa formation dans des expériences très curieuses de désintégration artificielle de l'azote[1]. Dans certaines conditions un particule α peut se fixer sur un atome d'azote en expulsant un proton. Ainsi la masse atomique augmente de 3 tandis que la charge augmente de 1: ceci montre que le noyau d'azote devient un noyau d'oxygène de masse 17, et l'on peut écrire la singulière réaction :

$$N^{14} + He_4^{++} \longrightarrow O_{17} + H^+.$$

Ajoutons que ceci reste assez hypothétique.

Terriblement compliquée quand on veut la pousser à fond, la théorie des spectres de bandes a du moins des débuts très faciles et, parmi les prévisions que l'on peut faire, celle des effets d'isotopie est assez simple et aisée à vérifier. Nous avons donc essayé de résumer les principaux résultats des observations, et nous trouvons là

1. Cf. Hettner et Böhme : *Zeitsch. für Phys.*, t. LXXII (1931), p. 95.

1. Cf. Backet : *Proceed. Roy. Soc.*, t. CVII 1927), p. 349.

dès à présent une riche matière qui ne peut que s'accroître. Si en effet les phénomènes d'isotopie ont été découverts par d'autres voies, il est clair que l'étude des spectres de bandes est aujourd'hui un excellent moyen d'investigation sur ce sujet. Ainsi, à mesure que nous les connaissons mieux les éléments nous paraissent plus complexes et nous apportent des enseignements nouveaux.

P.-L. Mesnage,
Laboratoire de l'Ecole Normale supérieure.

LES IRRIGATIONS DANS LE MONDE ANTIQUE

CAUSES DE LEUR DÉCADENCE

Les plus anciennes civilisations sont nées et se sont développées sur les bords du Nil, de l'Euphrate et du Tigre. Nous allons donner un aperçu sur les irrigations qui furent à la base de ces civilisations.

Egypte.

Préambule. — La crue du Nil est un des phénomènes les plus réguliers de la nature. Sa majesté a frappé les anciens d'admiration.

Le Nil Blanc et ses principaux affluents drainent une aire d'alimentation s'étendant de 7 degrés 1/2 de latitude sud à une douzaine de degrés de latitude nord. Cette aire d'alimentation a une superficie effective de 965.000 kilomètres carrés. Elle reçoit des pluies pendant deux saisons de l'année. La hauteur annuelle de ces pluies varie de 0 m. 60 à 1 m. 20, suivant les points.

Les grands lacs, dont le plus important, le Victoria, ne mesure pas moins de 67.000 km² d'étendue, servent de régulateurs aux rivières équatoriales.

Ces lacs et les deux saisons de précipitations atmosphériques assurent au Nil une assez grande pérennité de débit pendant les différents mois de l'année. Le Nil Blanc contient peu de troubles en suspension dans ses eaux.

Le Nil Bleu et l'Atbara, sont, au contraire, des fleuves torrentiels charriant beaucoup de sédiments arrachés aux monts d'Abyssinie. Leur aire d'alimentation effective mesure 640.000 km²; elle est comprise entre les 7e et 13e degrés de latitude nord. Le régime des pluies annuelles s'effectue une seule fois, de mi-juin à mi-septembre. La hauteur de ces précipitations varie de 0 m. 80 à plus de 1 m. 40, selon les régions.

Le Nil Bleu descend du lac Tsana, à la cote 1.755 m. et rejoint le Nil Blanc, à Khartoum, après un parcours de 1.623 km. Le niveau moyen des eaux, à Khartoum, est de 377 m. Le Nil Blanc a déjà parcouru, en cette ville, 3.615 kilomètres depuis ses sources les plus lointaines. Le lac Victoria, est à l'altitude de 1.130 m., de beaucoup inférieure à celle du lac Tsana.

L'Atbara prend naissance près du lac Tsana. Il se jette dans le Nil à 325 km. en aval de Khartoum. Il est à peu près à sec pendant 8 mois de l'année.

Le Nil Bleu et l'Atbara traversent des sols volcaniques dans une partie de leur cours. Les pluies qui tombent sur leur aire d'alimentation produisent la crue périodique annuelle du Nil. Les alluvions de la vallée d'Egypte proviennent de la précipitation des troubles en suspension dans les eaux de crue véhiculées par ces deux grosses rivières et ensuite par le Nil jusqu'à Assouan et à la mer. Bien qu'Hérodote ne connût pas les causes exactes de cette crue, il avait vu juste en énonçant son aphorisme célèbre : « L'Egypte est un don du Nil. »

M. J. I. Craig, ancien directeur des services météorologiques de l'Egypte et du Soudan anglo-égyptien, a montré que les pluies du bassin du Nil sont dues à l'Atlantique sud et non à l'Océan Indien, comme on l'avait cru.

Le Niger a également une crue périodique annuelle, alimentée de la même sorte.

Depuis son confluent avec l'Atbara, le Nil ne reçoit plus de cours d'eau jusqu'à son débouché dans la Méditerranée, soit sur une longueur de 2.715 km. Sur ce parcours, les précipitations atmosphériques sont à peu près nulles, exception faite du nord de l'Egypte, où elles sont, d'ailleurs de faible quantité.

La dernière cataracte du Nil se trouve à quelques kilomètres au sud de la ville d'Assouan, l'ancienne Syène, tout proche du tropique du Cancer. Assouan est éloignée de 1.161 km. de la mer, en suivant les sinuosités du fleuve. Le terrain cultivé aux approches de la ville est sensiblement à la cote 94 m. La pente du sol, de ce point jusqu'à la mer, est donc de 81 millimètres par kilomètre ; elle est un peu plus grande selon l'axe de la vallée.

La cataracte d'Assouan est constituée par des

roches granitiques. Sur ces roches, ont été fondées les assises du long mur de deux kilomètres, percé de grandes ouvertures, dont le projet est dû à Sir William Willcocks. Ce réservoir contient 2.400.000.000 m³ d'eau depuis sa première surélévation. Après la seconde surélévation, actuellement en cours d'exécution, l'approvisionnement d'eau sera considérablement accru. Le réservoir est alimenté après la crue du Nil, lorsque les eaux sont devenues claires et que les besoins des cultures sont limités.

D'autres réservoirs seront construits plus tard dans le Soudan anglo-égyptien pour permettre la mise en culture des lacs en bordure de la Méditerranée et des superficies encore incultes.

D'Assouan à la Méditerranée, le substratum rocheux appartient aux époques crétacée et éocène.

Au cours des pluies diluviennes de la période pléistocène, la vallée se combla en partie, d'Assouan à la mer, par les galets, les graviers et les sables descendus de la chaîne Arabique. D'Assouan à une certaine distance au sud de l'ancienne Memphis, l'épaisseur de ces dépôts est d'une trentaine de mètres. Leur puissance devient beaucoup plus grande en avançant vers le centre du Delta et le littoral. La partie entre Memphis et la mer était un golfe méditerranéen dans les premiers âges de l'époque quaternaire. Sous l'influence des apports pléistocènes et, plus tard, sous celle des alluvions, la mer recula vers le nord en formant plusieurs cordons littoraux. Le dernier d'entre eux a assez peu varié au cours des temps historiques.

Lorsque le Nil se fut frayé un chemin à travers la barrière granitique d'Assouan, il recouvrit de ses limons les dépôts pléistocènes déjà formés. L'épaisseur de ces alluvions est de 7 à 10 et 12 mètres, selon les points, dans la Haute-Egypte, elle est plus importante dans le nord du Delta.

Coulant au milieu des alluvions qu'il dépose, le Nil a exhaussé peu à peu son lit et ses bords. La pente transversale est régulière aussi bien que la déclivité longitudinale de la vallée, entre Assouan et la mer. Les grands canaux, surtout ceux de formation naturelle, ont également exhaussé leur lit et leurs bords, mais d'une façon plus modérée. Les matières lourdes se précipitent les premières; les particules d'argile, plus fines, se déposent avec lenteur, loin du fleuve et des grands canaux.

On peut estimer sensiblement à un kilogramme et demi par mètre cube la proportion des troubles en suspension dans les eaux de la crue, qui est de longue durée.

Le Nil, on le sait, est un fleuve travailleur. La formation deltaïque qu'il détermine commence dès Assouan et se continue jusqu'à la Méditerranée.

Les alluvions sont argilo-sablonneuses dans le voisinage du fleuve et des grands canaux naturels; elles sont plus argileuses à une certaine distance du fleuve. Dans le sens longitudinal de la vallée, c'est-à-dire en allant du sud au nord, les terres deviennent de plus en plus argileuses à mesure qu'on s'éloigne d'Assouan. Dans la zone lacustre du nord du Delta, la proportion d'argile atteint quelquefois 90 %.

Dans le sens transversal, la vallée d'Egypte est donc convexe depuis Assouan jusqu'au Caire. De cette ville à la mer, le sol affecte une série de surfaces convexes sur le sommet desquelles coulent les bras de Rosette et de Damiette ou de quelques grands canaux naturels, et coulaient autrefois les anciennes branches du Nil (comblées aujourd'hui ou transformées en artères d'irrigation) et quelques grands canaux naturels maintenant disparus. Cette morphologie de surface a fait de l'Égypte le pays par excellence des irrigations, sous quelque forme qu'elles aient été ou soient pratiquées.

On peut estimer à une dizaine de centimètres l'exhaussement séculaire du pays depuis Assouan jusqu'à la pointe du Delta, c'est-à-dire le long d'un ruban dont la largeur varie de quatre à seize kilomètres selon les points. Cet exhaussement a été moindre, à notre avis, dans la Basse-Egypte, vu la forme en éventail de cette contrée.

Aménagement des bassins d'inondation de crue pendant la période préhistorique. — Au moment où Ménès, le premier roi humain connu, réunit sous son sceptre la Haute et la Basse-Egypte et fonda Memphis à une trentaine de kilomètres de la pointe du Delta, il existait déjà une civilisation évoluée en Egypte. Le pays était doté d'une langue écrite, d'une organisation avancée, d'un système religieux développé et, vraisemblablement, d'une année solaire à peu près exacte. Il fallait donc que l'agriculture fût déjà capable de nourrir une nombreuse population. Cette agriculture n'aurait pas pu se développer sans arrosages artificiels puisqu'il ne pleut pas dans la Haute-Egypte et que la hauteur moyenne des précipitations atmosphériques annuelles est seulement de 2 à 3 centimètres à Memphis et d'une vingtaine de centimètres sur le littoral nord-ouest. Le climat n'ayant que peu varié au cours de la période historique, l'irrigation était donc en usage, au moins en partie, avant l'avènement du premier des pharaons. Cette irrigation se faisait une fois par an, grâce à des bassins d'inondation de crue, dont nous allons donner une description très succincte. Une

seule irrigation, en grande masse, ne pouvait être utile qu'à des récoltes de céréales et de légumineuses qui ne restaient dans le sol que pendant six à sept mois, à un moment de l'année où la température était relativement peu élevée et l'évaporation assez faible.

Il faut donc faire remonter l'établissement des premiers bassins d'inondation aux dynasties mythiques qui gouvernèrent l'Egypte avant Ménès. Les anciens en attribuaient l'honneur à Osiris, dieu des morts, mais dieu-Nil à l'origine.

Avant l'aménagement des bassins, le Nil se répandait sur les terres au moment de la crue et y déposait ses limons selon l'ordre décroissant de leur densité. Il n'existait pas de canaux d'adduction artificiels ni d'évacuation. Après la crue, l'eau séjournait sur les terres basses éloignées du fleuve et y formait des marécages. La faune et la flore étaient sauvages. La culture commença à se pratiquer sur les terres hautes voisines du Nil qui s'asséchaient après la crue annuelle.

Le jour vint où des observateurs avisés conçurent le projet d'étendre la culture dans la vallée tout entière, c'est-à-dire de substituer l'inondation régularisée à l'inondation désordonnée. Ils construisirent des canaux d'adduction des eaux « rouges » de la crue. Ces canaux avaient une pente inférieure à celle du Nil pour que leur tête morte ne fût pas de trop grande longueur et que les eaux atteignissent et dépassassent le niveau des terres de 1 m. 25 à 1 m. 50 de hauteur et plus, à une certaine distance de leur prise sur le fleuve. Ils creusèrent aussi des canaux d'évacuation des eaux décantées ; ces canaux d'une pente du même ordre que celle des canaux d'adduction, aboutissaient au fleuve à l'aval des bassins ou dans les lacs côtiers. Ils étaient ouverts quand le Nil était rentré dans son lit mineur, quelque temps avant les semailles des produits d'hiver[1].

Des digues massives en terre furent établies selon des lignes à peu près normales au fleuve ; elles couraient des rives au pied des collines désertiques qui enserrent la vallée. Dans les points où cette distance est grande, les bassins formés étaient divisés en deux, au moyen d'une digue longitudinale sensiblement sud-nord. La hauteur d'eau sur les bassins, au moment de la crue, et la sédimentation étaient rendues ainsi plus satisfaisantes. Cette hauteur variait de 1 m. à 1 m. 50 et plus, selon les régions, l'intensité de la crue, l'état d'entretien des canaux d'adduction et de vidange, le contrôle des eaux. Le séjour de l'eau sur les bassins était de 50 à 70 jours dans les mêmes conditions.

1. Souvent, les canaux d'adduction servaient de canaux de colature dans leur cours inférieur.

La hauteur de l'eau et son séjour étaient un peu plus faibles dans la Basse-Egypte à cause de sa forme en éventail.

Au moment de la crue, l'Egypte apparaissait comme une suite de lacs faiblement étagés desquels émergeaient, au milieu de gracieux bosquets de palmiers, les villes et les villages, bâtis sur des éminences artificielles, dont Diodore de Sicile nous a laissé une description. Les communications se faisaient au moyen de barques à voiles du plus charmant effet. On peut encore jouir de ce spectacle harmonieux dans les portions de la Haute-Egypte où le système des bassins est maintenu jusqu'à l'achèvement des travaux de surélévation du mur du réservoir d'Assouan.

La vidange des bassins était effectuée soit dans le lit mineur du fleuve, soit dans les lacs côtiers, à la fin du mois d'octobre ou au début du mois de novembre selon les régions.

Les sels montés par capillarité à la surface des bassins pendant la jachère d'été, dissous dans les masses d'eau d'inondation, étaient ainsi rejetés annuellement à la mer. Ce mode de drainage épipolhydrique si simple avait permis le dessalement des terres du nord du pays à l'origine des temps. Il assurait le lavage annuel des terres.

Les semences des produits d'hiver étaient jetées à la volée dans la terre encore humide, sans qu'il fût fait usage de labour, pour les régions suffisamment imbibées pendant l'inondation, ni employé d'engrais de ferme ou d'aucune sorte.

De janvier au début d'avril, le sol se couvrait de verdure dont la beauté faisait dire aux légionnaires romains : « Vidi viridem Ægyptum. »

Les récoltes étaient enlevées du mois d'avril à la fin du mois de mai, selon leur nature et la température des régions.

Il n'y avait donc qu'une récolte annuelle. Dans certaines terres cependant, il s'en faisait une supplémentaire de courte durée.

Le sol resté nu, déjà échauffé à la fin de la récolte, s'échauffait davantage encore pendant les trois à quatre mois qui précédaient la crue suivante. La température à la surface oscillait de 60 à 72 degrés centigrades, vers deux heures de l'après-midi, pour une température de l'air variant de 33° à 45°.

Sous cette influence et celle de la siccité de l'air pendant les jours d'été, le sol argileux se crevassait énergiquement. Les crevasses nombreuses atteignaient et dépassaient même dix centimètres de largeur dans la Haute-Egypte et leur profondeur était de 1 m. 50 et plus. Ces crevasses frappèrent d'étonnement les soldats de Bonaparte. Leur largeur et leur profondeur étaient moins importantes dans le nord du Delta, bien que la pro-

portion d'argile y soit plus grande que dans la Haute-Egypte, parce que la température y est moindre, l'humidité relative plus grande et l'eau souterraine artificielle beaucoup moins profonde que la nappe souterraine naturelle au sud du Caire.

La surface des crevasses dans la Haute-Egypte atteignait et dépassait même 35 % de la surface du sol.

M. Victor Mosséri et moi, avons montré que le crevassement des terres de l'Egypte a joué un rôle éminent dans leur assainissement et leur dessalement permanents, c'est-à-dire dans leur fécondité à travers les âges. Aucun labour ne saurait produire une aération aussi parfaite du sol.

Le fendillement du sol ne se produit plus aujourd'hui pendant les années où le cotonnier et la canne à sucre sont en culture.

Nous avons dit souvent qu'il y a un intérêt majeur pour l'Egypte à ce que le crevassement des terres puisse se produire efficacement pendant les années où ces récoltes ne sont pas sur pied, grâce à un assolement rationnel qui laisse les terres à nu pendant une durée suffisante avant la période des hautes eaux. Le sol n'est pas le milieu inerte qu'on supposait autrefois. Il est en vie et a besoin d'air comme les êtres vivants.

Ces quelques considérations n'infirment pas le rôle qu'on a toujours prêté au limon du Nil sous le rapport de la fertilité puisque le crevassement des terres est fonction de la nature de ce limon et des conditions climatériques[1].

Les premières adaptations du régime des bassins se firent vraisemblablement le long du ruban que forme la Haute-Egypte d'Assouan à Memphis. Elles gagnèrent ensuite le Delta jusqu'aux lacs en bordure de la Méditerranée. Cet aménagement remonte à une époque extrêmement lointaine puisque certaines villes de la région lacustre même étaient déjà connues sous l'Ancien Empire memphite.

Au cours d'une immense durée, la fertilité des terres se maintint, bien que l'Egypte ait connu des fortunes diverses. A la fin du Moyen-Empire, le pays fut soumis à des rois d'origine étrangère. Il se releva à la XVIII[e] dynastie qui ouvre le Nouvel Empire. Beaucoup plus tard, au cours du millénaire antérieur à l'ère chrétienne, l'Egypte entra sous la domination des Assyriens, puis des Perses, des Grecs et enfin des Romains. Il ne semble pas que ces conquérants aient apporté de grands changements dans le pays dont ils adoptèrent les dieux et les institutions.

La fécondité de la terre d'Egypte a été un sujet de continuel étonnement pour les voyageurs de l'antiquité. Elle suscita le même enthousiasme chez le général Amrou, lors de la conquête arabe, plus tard chez Bonaparte et les savants qui l'accompagnaient. La Bible la célébra avec lyrisme et Shakespeare l'illustra magnifiquement. On comprend donc les cris d'allégresse qui retentissaient sur les rives du Nil au début de l'inondation annuelle pendant tant de milliers d'années. Le Nil majeur ne connaît plus guère maintenant ces hommages d'adoration et la fête annuelle de nos jours n'est plus qu'une faible survivance d'un passé évanoui. Depuis cent dix ans, le Nil mineur a fait son entrée dans le panthéon égyptien ; dans quelques années, il y régnera en maître.

Si la crue du Nil se produisait à une autre époque de l'année, les bassins d'inondation n'auraient pas eu le même succès, en supposant qu'ils eussent été mis en pratique.

Nous allons montrer qu'une grande régression de la superficie de ces bassins se produisit dans le nord du Delta, c'est-à-dire dans sa portion la plus large, à partir de la seconde moitié du Moyen Age et jusqu'à l'arrivée de l'Expédition française, tant il est vrai qu'une prospérité continue n'est guère dans le sort des choses humaines.

Abandon de la culture dans le nord de la Basse-Egypte. — La faible déclivité du sol de l'Egypte et la proportion importante de troubles en suspension dans les eaux de la crue annuelle, de longue durée, exigent impérieusement une continuité méthodique dans le maintien de la pente des canaux et du rapport de leur section d'eau à leur périmètre mouillé. Il importait donc qu'une administration vigilante et honnête fît curer, en temps utile, les canaux d'adduction et les émissaires d'évacuation des eaux. Les mêmes considérations sont également à la base du système d'irrigation pérenne, actuellement en pratique dans la plus grande partie du pays.

La discipline des populations est indispensable pour tous les modes d'irrigation, disait le professeur Brunhes, du Collège de France. De cette discipline, nous trouvons un écho dans la confession négative des défunts devant les juges redoutables du tribunal de l'Amenti (Livre des morts des anciens Egyptiens.)

Il se produisit, certes, des hauts et des bas, dans le fonctionnement des bassins d'inondation au cours des millénaires écoulés avant notre ère. Mais, pour citer un exemple, la présence d'une ville comme Tanis pendant une durée très longue montre suffisamment que la situation était restée satisfaisante. Tanis se trouve, en effet, près des confins du lac Menzaleh. Elle fut célèbre sous le Moyen et le Nouvel Empire et devint plus tard la

1. Pour plus de détails, consulter « Les irrigations en Egypte » et « Les terres du nord du Delta égyptien », par M. Ch. Audebeau Bey (*Société des Ingénieurs civils de France*, 1923 et 1925).

capitale du pays sous la XXIe dynastie, un millier d'années avant Jésus-Christ[1]. Les terres avoisinant cette ville devaient, par leur nature (de même que celles de la région lacustre) souffrir plus d'une mauvaise administration que les terrains des parages éloignés vers le sud.

Cependant, un certain relâchement dut se produire à la fin de l'ancien monde, à la suite des dissentiments entre les païens et les chrétiens, d'une part, entre les sectateurs d'Arius et les partisans du symbole de Nicée, d'autre part.

L'historien Maqrizi (XVe siècle) a parlé d'une tradition d'après laquelle les eaux de la mer auraient envahi le lac Menzaleh et en auraient augmenté la superficie. (Année 251 de la grande persécution de Dioclétien, correspondant à l'an 535 de l'ère chrétienne.) Les savants de l'Expédition française ont conclu, de l'examen d'Alexandrie, du lac Borollos et des ruines de Tanis, à un certain affaissement du littoral (Cordier, Saint-Genis, Gratien le Père) ou à une surélévation du niveau de la mer (Dolomieu).

La question a été reprise par Linant de Bellefonds Bey pendant le XIXe siècle, puis par MM. Jondet, Raymond Weill, Daressy et Brescia, au cours du XXe siècle. Ils ont conclu dans le même sens. Personnellement, nous avons observé les niveaux des eaux d'infiltrations dans les hypogées du Kom el Chokafa, à Alexandrie, que faisait relever à notre intention M. Brescia, directeur du musée gréco-romain de cette ville : ces hypogées, creusés dans le grès perméable, datent du siècle des Antonins, selon notre distingué confrère de l'Institut d'Egypte. Des relevés effectués pendant plusieurs années, il résulte que les hypogées du Kom el Chokafa ont leurs galeries inférieures à *loculi* inondées pendant toute l'année par les infiltrations du Nil souterrain. Ces infiltrations paraissent témoigner d'un affaissement du sol dû peut-être aux tremblements de terre, fréquents dans l'est méditerranéen.

Le débordement du lac Menzaleh, dont a parlé Maqrizi, est antérieur d'un siècle à la conquête arabe.

Quoi qu'il en soit de cet affaissement du sol, la situation politique de l'Egypte était peu brillante au VIe siècle. Les querelles religieuses étaient très vives entre les cophtes Jacobites du pays et les chrétiens Melchites venus de Constantinople. Les exactions et la vénalité des dirigeants byzantins paraissent s'être donné libre jeu. Des nilomètres furent abandonnés, bien que ces instruments servissent à la perception des impôts. Au début du VIIe siècle, la désaffection pour les empereurs de Byzance était générale en Egypte : elle facilita la conquête d'Amrou en 640.

Y avait-il, dès cette époque, abandon d'une certaine superficie cultivée anciennement au bord des lacs côtiers, dû à l'affaissement du sol et aggravé par l'incurie des pouvoirs publics ? On ne saurait l'affirmer. Les conquérants musulmans étaient trop enthousiastes de leur victoire, trop nouveaux dans le pays pour s'en être rendu compte. Le général Amrou, en homme très avisé, comprit bien vite la richesse agricole de l'Egypte. Dans sa célèbre lettre au Khalife Omar, il parle, en termes lyriques, de la majestueuse grandeur de la crue du roi des fleuves, de la fécondité du sol égyptien, de la beauté et de l'opulence d'Alexandrie.

Un autre conquérant devait brosser à son tour, à Sainte-Hélène, un magnifique tableau de l'Egypte telle qu'il l'entrevoyait après cinquante années de civilisation, avec ses retenues d'eau, ses canaux multipliés et bien entretenus, ses pompes à feu, ses lacs côtiers asséchés, ses plantations de coton, de canne à sucre et d'indigo considérablement augmentées, sa population de 2 millions et demi d'habitants quadruplée[1].

L'Egypte fut prospère pendant l'intelligente domination des Abbassides. Elle le fut moins dans les années qui précédèrent l'avènement des Fatimites.

Abou el Hassan el Makhzoumi signale que les terres placées sur le parcours, à cheval, de Péluse à Alexandrie furent abandonnées vers l'an 960. L'abandon s'accentua ensuite vers le sud jusqu'à l'arrivée de l'armée de Bonaparte, à la fin du XVIIIe siècle. Il est le fait des gouvernements de hasard, insoucieux du lendemain. Tel est également l'avis du Prince Omar Toussoun (Mémoire sur les anciennes branches du Nil. Institut d'Egypte, 1922).

Voici à notre avis, comment les choses se passèrent.

Les canaux d'adduction des eaux rouges de la crue pour les bassins les plus septentrionaux avaient une grande longueur. Mal curés en des époques de mauvaise administration, ils s'envasèrent progressivement, notamment vers leur prise ; l'eau ne parvenait que difficilement à leur extrémité. Les émissaires d'évacuation, également négligés, se comblèrent, de leur côté, sous l'effet des apports dus à l'érosion par surface dans les bassins, au moment de la vidange. A cette obstruction, contribuèrent les matières pulvérulentes soulevées à la surface des terres par les vents étésiens au moment où les bassins avaient été

1. Tanis existait déjà sous l'Ancien Empire.

1. La population de l'Egypte dépasse maintenant 14.000.000 d'habitants. La densité au kilomètre carré de surface cultivée atteint environ 600 habitants.

débarrassés de leurs récoltes. Nous avons pu nous rendre compte des effets de ces vents d'été dans la région avoisinant le lac Borollos, au cours de travaux d'amélioration de terrains entrepris par l'Administration des Domaines de l'Etat égyptien. L'eau d'inondation des bassins septentrionaux ne pouvant plus se vider que partiellement dans les lacs, séjournait sur le sol et empêchait les semailles des produits d'hiver. Elle s'évaporait d'abord lentement, eu égard à l'état hygrométrique de l'air à ce moment de l'année et aux pluies hivernales de la région. Vers le mois de mars, l'évaporation devenait plus active et le sol s'asséchait graduellement. L'eau souterraine artificielle, peu profonde en ces parages, montait alors par capillarité à la surface des terres. Elle s'évaporait à son tour en abandonnant sur le sol, à l'état d'efflorescences, les sels qu'elle contenait en dissolution, notamment le chlorure de sodium. Ces sels avaient été refoulés à une profondeur suffisante pendant les anciennes années de culture.

Les bassins contigus à ceux en bordure des lacs se salèrent à leur tour.

La stérilité gagna de proche en proche les terres plus au sud. A l'arrivée de l'armée française, une superficie d'environ un million d'hectares au sud de l'emplacement actuel des lacs côtiers, n'était plus qu'une morne solitude, parsemée de monticules, vestiges de villes et de villages abandonnés progressivement. On y trouvait des débris de poterie de toute nature, de çà et de là, des ruines de temples, des naos en granit venus d'Assouan, des statues de dieux et de rois, des amulettes, des monnaies ptolémaïques, romaines et arabes des premiers siècles de l'Islam[1].

Les cartes de l'Expédition française indiquent de vastes emplacements, même dans le voisinage de Mansourah et de Damanhour, c'est-à-dire situés à un grand éloignement des lacs, recouverts d'eau pendant huit à neuf mois de l'année.

Seuls, les abords immédiats des branches de Rosette et de Damiette ainsi que de quelques grands canaux naturels profonds alimentés pendant toute l'année étaient encore verdoyants, selon le témoignage de Dolomieu. L'illustre minéralogiste a laissé un récit attristé de ses itinéraires à travers ces régions désolées, itinéraires que nous avons parcourus bien des fois.

Alexandrie, métropole intellectuelle du monde antique pendant sept siècles, célèbre par ses mathématiciens de génie et son école néoplatonicienne, n'avait plus qu'une population de 5 à 6.000 habitants lorsque les clairons français se firent entendre devant son enceinte le matin du 2 juillet 1798. De cette vaste cité, si prospère encore au temps d'Amrou, il ne restait que la colonne corinthienne, dite de Pompée, et quelques débris antiques épars sur le sol. Les environs de la ville, séjour d'été des Grecs et des Romains, étaient complètement déserts.

Les cartes de l'Expédition montrent que dans la province du Fayoum sise un peu à l'ouest de la vallée proprement dite, les terres avoisinant le lac Karoun, autrefois cultivées, avaient été également abandonnées.

Dans le centre, dans le sud de la Basse-Egypte et dans la Haute-Egypte, où le sol est très peu chargé de sels et où la nappe souterraine naturelle est relativement profonde pendant l'étiage du Nil, les récoltes étaient restées cependant assez satisfaisantes en dépit du malheur des temps. D'après l'enquête agricole magistrale de l'ingénieur Girard (1799-1800), la production moyenne de la Haute-Egypte était de 2 tonnes de blé par hectare, pour ne parler que de ce produit. Ce résultat était obtenu, nous l'avons dit, sans usage de labour à proprement parler, ni emploi d'engrais de ferme ou d'aucune sorte.

Ecrivant à son frère Joseph, le 7 thermidor an VI, quelques jours après son entrée au Caire, le général en chef vantait la fécondité des terres de la vallée d'Egypte dont il ne connaissait pas de pareille bien que, ajoutait-il, il eût trouvé l'incurie des dirigeants à son comble.

Au cours de leur prodigieuse épopée, les savants de l'Expédition, dont quelques-uns sont à jamais illustres, furent unanimes dans les conclusions de leurs études relatives à la fertilité de la vieille terre des pharaons. Ces recherches si méthodiques, si désintéressées, si géniales souvent, firent l'objet de discussions devant l'Institut d'Egypte, fondé par Bonaparte. Elles parurent, plus tard, dans la *Description de l'Egypte*, dont S. A. le Prince Omar Toussoun a pu dire : « que si l'Expédition française n'avait été faite que pour ériger un monument aussi indestructible, elle n'avait pas été payée trop cher. » (Mémoire sur les anciennes branches du Nil).

Il appartenait aux savants de l'Expédition, Argonautes d'une nouvelle époque, à l'ingénieur Girard et à Bonaparte entre autres, de projeter les premières lueurs sur la substitution de l'irrigation pérenne à l'irrigation par les antiques bassins d'inondation, dans la prescience que le cotonnier et la canne à sucre allaient jouer un rôle de premier ordre dans le nouveau stade de civilisation qui commençait à poindre.

Ces idées furent mises en application, un quart de siècle plus tard, par le grand souverain que

1. Un peu plus de la moitié de la superficie abandonnée a été gagnée de nouveau à la culture au cours des quatre-vingts dernières années; le reste le sera à mesure de l'augmentation des débits d'étiage du fleuve.

fut Mohamed Aly. Un de ses habiles ingénieurs, Mougel Bey, construisit le grand barrage de la pointe du Delta du Nil, au point signalé cinquante ans avant par Bonaparte, déjà très averti sur les questions d'irrigation au cours de sa campagne d'Italie (1796-1797) et qui continua de s'en occuper, devenu roi d'Italie (*Irrigation*, par R. B. Buckley).

L'irrigation pérenne eut son domaine agrandi sous les successeurs de Mohamed Aly. Son extension devint plus considérable encore au cours de l'Occupation britannique. Dans quelques années, elle aura conquis le pays tout entier.

***

En résumé, l'irrigation par bassins d'inondation de crue assura à l'Egypte des récoltes abondantes de céréales et de légumineuses pendant des milliers et des milliers d'années. La fécondité du sol fut maintenue par le crevassement de ses riches alluvions déposées au cours des siècles, sans qu'il fût fait usage d'engrais d'aucune nature, ni employé de labour pour les terres suffisamment imbibées pendant l'inondation. Mais ce mode d'irrigation ne permettait pas la culture des produits d'été que réclame la civilisation moderne : cotonnier, canne à sucre, riz. De ces produits, le cotonnier occupe le premier rang, de par la finesse et la longueur de ses fils, d'une part, de sa production par hectare, d'autre part.

Les bassins reculèrent donc peu à peu devant le nouveau mode d'irrigation au cours des XIXe et XXe siècles. L'irrigation pérenne est plus artificielle, c'est-à-dire plus compliquée que l'irrigation par bassins. Elle exige un travail de l'homme plus grand que par le passé, des labours nombreux, des engrais de ferme et chimiques. Elle ne peut être réalisée que par la création de réservoirs immenses, de barrages de retenue échelonnés sur le fleuve, et sur les canaux, de déblaiement de chenaux à travers les marais équatoriaux, l'emploi de pompes élévatoires dans les points où les arrosages par gravité ne peuvent s'effectuer pendant diverses époques de l'année, l'établissement d'un système de drainage épipolhydrique et par percolation difficile et coûteux dans les zones où le drainage par fonction bathydrique ne se produit pas. Elle s'oppose aussi au crevassement des terres pendant les années où les récoltes d'été sont sur pied. Mais l'irrigation pérenne est adaptée à de nouveaux besoins de l'homme, besoins que le passé n'avait pas connus. Il ne faudrait donc pas être injuste et regretter sa conquête, puisqu'elle a fait la richesse de l'Egypte contemporaine.

Toutefois, il sera permis de regarder, avec quelque mélancolie, la disparition prochaine des antiques bassins qui donnèrent à l'Egypte une fécondité légendaire pendant des amoncellements d'âges et d'émettre l'espoir que leurs enseignements ne soient pas oubliés quand ils ne seront plus.

***

Disons, en terminant, que l'irrigation pérenne a été connue en Egypte dès les temps les plus reculés. Mais la superficie qui lui a été consacrée pendant les millénaires antérieurs au XIXe siècle était très modeste, limitée qu'elle était par la faiblesse des débits des appareils élévatoires alors en usage, du faible rendement mécanique de ces appareils et par la profondeur des eaux du fleuve au moment de l'étiage. Ce genre d'irrigation était réservé principalement à l'arrosage des jardins. Dans les régions avoisinant Rosette, Damiette et Menzaleh, l'irrigation pérenne était plus répandue que dans les autres portions du pays, ainsi que nous l'avons exposé dans des notes à l'Institut d'Égypte. Dans ces parages, le niveau d'étiage est, en effet, peu profond. Les canaux d'arrosage avaient une direction à peu près perpendiculaire à celle du fleuve et leur longueur était assez réduite. Ils pouvaient donc être curés sans trop de peine par les particuliers, sans avoir recours aux pouvoirs publics. La proximité des lacs côtiers, dont le niveau moyen est sensiblement plus bas que celui des terres desservies par les canaux assurait un drainage épipolhydrique assez aisé. Depuis l'introduction du riz en Egypte, vers le XVe siècle, et jusqu'à l'arrivée de l'armée française, on y faisait des récoltes assez abondantes, que les savants de l'Expédition ont enregistrées et reproduites dans la *Description de l'Egypte*.

***

Les considérations qui précèdent auraient dû être accompagnées de notions sur les eaux souterraines de l'Egypte, mais nous aurions été entraîné trop loin. Le bulletin de juillet-août 1931 des *Annales des Ponts et Chaussées* donne le résumé des études que nous avons faites à cet égard de 1908 à 1918.

Mésopotamie.

L'Euphrate et le Tigre. — L'Euphrate supérieur est formé par la réunion du Mourad Tchaï et du Kara-Sou. La première de ces rivières prend naissance au nord du lac de Van, au pied des contreforts du Mont Ararat, c'est-à-dire à une haute altitude; sa direction est S. W. W. et sa longueur de près de 550 kilomètres. Le Kara-

Sou, la seconde des rivières, naît au nord d'Erzeroum, à près de 2.600 mètres d'altitude. Après un parcours d'environ 470 kilomètres, il rejoint le Mourad Tchaï, près de Kharpout.

L'Euphrate contourne le Taurus dans des cluses, puis prend la direction S.-E. Après avoir traversé le désert de Syrie, il arrive à Anah, puis à Hitt et à Ramadi. Le long du parcours Anah-Hitt, la culture était très prospère autrefois. A Ramadi, l'Euphrate se ramifie. La branche la plus importante est le Hiddekel ou Sakhlawieh; elle déverse dans le Tigre, un peu au sud de Bagdad, une partie importante des eaux de l'Euphrate. La branche orientale alimente le lac du Pison et le Gihon qui traverse les marais babyloniens et chaldéens : c'est la rivière qui passe aujourd'hui près des ruines de Babylone. La branche occidentale, ou Euphrate proprement dit, passe à Sippara, Kouta, Nil, Niffour et Souripak. A Eridou, elle se réunit au Tigre et au Gihon, pour former le Chatt-el-Arab, dont la longueur jusqu'au golfe Persique est d'environ 250 kilomètres. Sur ce parcours, le Chatt-el-Arab reçoit, sur sa rive gauche, le Karoun dans lequel tombe le Kerkha. Le Karoun a formé un delta vers son embouchure.

Le Tigre prend naissance au pied du Taurus arménien. Il est formé, en son cours supérieur, de deux rivières. Il traverse de nombreux défilés et reçoit divers cours d'eau torrentiels sur sa rive gauche; il passe à Ninive. Après avoir reçu encore quelques rivières sur la même rive, le Tigre atteint Samara, ancienne capitale des Khalifes du IXe siècle, puis Bagdad. Au sud de cette ville, la coulée de la Sakhlawich lui apporte une partie des eaux de l'Euphrate. Le Tigre passe ensuite entre les ruines de Ctésiphon et de Séleucie, à Kout-el-Amara, à Tello et à Eridou, où il s'unit à l'Euphrate pour former le Chatt-el-Arab. La longueur du Tigre est d'environ 2.000 kilomètres; il est un peu moins long que l'Euphrate.

Les sources de l'Euphrate et du Tigre sont à une plus haute altitude que celles du Nil Blanc et de ses affluents, du Nil Bleu et de l'Atbara; leur développement linéaire est beaucoup moins important que celui du fleuve d'Afrique. Les crues des deux fleuves d'Asie, périodiques, se produisent au printemps, c'est-à-dire à une époque différente de celle résultant des pluies tropicales du bassin du Nil. Dans le delta de la Mésopotamie, les crues de fleuves impétueux dévalent avec une grande vitesse, contrairement à la majestueuse lenteur de la crue du Nil depuis Assouan jusqu'à la Méditerranée.

Les irrigations du passé. — La pente des terres selon la direction perpendiculaire au Tigre et à l'Euphrate est cinq fois plus grande que dans la Haute-Egypte. Le Tigre et l'Euphrate donnent ainsi naissance à d'immenses marécages quand ils ne sont pas contrôlés et pourvus de moyens de régulation. Le plus grand de ces marécages est celui de Susiane sur la rive gauche du Tigre et dans le voisinage de son dernier parcours. Dans la Mésopotamie, les précipitations atmosphériques sont insuffisantes pour assurer les besoins des récoltes. Le climat est essentiellement continental. Les isothermes d'été sont élevées et celles de l'hiver relativement basses. L'évaporation est très active pendant le printemps et l'été.

La présence de deux cours d'eau importants et la richesse des alluvions déposées par eux incita les hommes à utiliser leurs eaux dès une époque si reculée que l'histoire n'a pu l'enregistrer. On sait que Babylone existait antérieurement au XXXVIIIe siècle avant notre ère. C'est dire que l'irrigation, la plus ancienne des sciences appliquées, était déjà en pratique à ce moment et, vraisemblablement, depuis longtemps déjà.

L'étendue du delta de la Mésopotamie est beaucoup plus grande que la superficie deltaïque de la Haute et de la Basse-Egypte réunies. Leurs formes ne sont pas les mêmes.

La grande vitesse du courant de l'Euphrate et du Tigre, au moment des crues, les différences de leur niveau, la déclivité transversale prononcée du sol de part et d'autre de ces fleuves devaient conduire les Chaldéens et les Assyriens à établir des barrages de retenue à travers l'Euphrate et le Tigre, des digues parallèles et perpendiculaires à ces fleuves, afin de permettre l'arrosage des terres hautes en bordure et d'empêcher la submersion des terres basses. Ce mode d'irrigation était plus compliqué, plus difficile comme aménagement et entretien, que celui des bassins d'inondation de l'Egypte. Il exigeait donc une administration puissante et très éclairée ainsi qu'une extrême discipline des populations. Dans son style imagé, Sir William Willcocks a symbolisé l'état d'âme des anciens habitants de la Mésopotamie dans une lutte sans cesse renaissante entre Abel et Caïn, l'un désirant une bonne conservation des digues du pays pour l'arrosage satisfaisant des terres hautes riveraines des deux fleuves, l'autre voulant, au contraire, les couper pour alimenter les pâturages de ses troupeaux dans les terres basses éloignées des cours d'eau.

L'éminent hydraulicien a parcouru la Mésopotamie pendant trois ans, de 1908 à 1911, en qualité de conseiller technique du gouvernement ottoman. Il a établi des projets en vue de la palin-

génésie de la contrée. Sir W. Willcocks nous a souvent entretenu de ses courses à travers le pays, de ses idées et de ses projets. Selon lui, les centres de civilisation se déplacèrent suivant les époques. Aux premiers âges, ils se trouvaient à Ur, Eridou, Tello; plus tard, à Babylone et à Sippara; ensuite à Ctésiphon, Opis et Samara.

Les barrages jetés à travers le Tigre et l'Euphrate ont été érigés en des temps très éloignés. Leurs emplacements font le plus grand honneur aux ingénieurs qui les choisirent, selon sir W. Willcocks.

Les digues de l'Euphrate et du Tigre devaient être massives pour résister à la pression et à l'érosion des crues violentes. D'autres digues couraient parallèlement et perpendiculairement aux premières pour séparer les terres de niveaux différents. Des canaux nombreux conduisaient les eaux loin des fleuves, sur les terres à desservir.

De Anah à Hitt, sur l'Euphrate, de Ninive à Samara, sur le Tigre, les jardins succédaient aux jardins. Le dattier, l'oranger, le prunier, le pêcher, le figuier, la vigne prospéraient grâce à l'irrigation. Dans la Babylonie, on cultivait les céréales et on rencontrait beaucoup de palmiers.

Sir W. Willcocks situe les jardins d'Eden de la Genèse entre Anah et Hitt.

Hérodote rapporte que le blé de la Babylonie donnait deux cents fois ce qu'on y avait semé et même trois cents fois au cours des années exceptionnellement abondantes. Il ne faut, certes, pas prendre à la lettre les chiffres du « père de l'histoire ». L'imagination du célèbre historien était très fertile. En visitant l'Attique et la Mégaride, on s'aperçoit bien vite qu'il faut réduire dans de grandes proportions le nombre des combattants venus, selon lui, en Grèce avec Xerxès. Il n'est pas moins vrai que la fécondité de la Mésopotamie était exceptionnelle.

Une civilisation avancée, savante, fleurit en Mésopotamie pendant de nombreux millénaires. L'astronomie y fut particulièrement en honneur. La grande transparence de l'atmosphère, qui donne aux étoiles l'apparence de clous d'or, n'était certes pas étrangère à cet amour de la science d'Uranie, mais cet amour était une passion, quand il aboutissait à des observations continuées pendant près de deux mille ans. La découverte de la période de Saros, en vertu de laquelle la lune revient à sa position à peu près exacte après deux cent-vingt-trois mois lunaires, témoigne de la sagacité de l'esprit d'observation des Babyloniens. Nous devons aux Chaldéens la division du temps et celle de la circonférence en 360 degrés.

Les Chaldéens n'étaient pas moins avancés dans les autres sciences exactes et appliquées. Leur numération sexagésimale leur permettait de faire les calculs les plus compliqués au moyen de simples additions.

Après la conquête d'Alexandre, les connaissances chaldéennes se répandirent dans le monde grec. Pendant la période hellénistique, Euclide, Hipparque, Eratosthène, Apollonios de Perga, Archimède les recueillirent vraisemblablement et leur donnèrent la forme inhérente au génie grec, sous laquelle elles nous sont parvenues. Peut-être même, les Babyloniens se sont-ils livrés à des spéculations sur les sections coniques bien avant la célèbre école d'Alexandrie?

Les Chaldéens et les Assyriens possédaient un art sûr. La sculpture nous a conservé des représentations très fidèles et très artistiques des animaux, du lion en particulier. Leurs célèbres tours à étages planétaires, leurs palais, bâtis en briques eu égard au manque de pierre, ne pouvaient malheureusement pas résister aux outrages du temps et des hommes, comme certains temples de la vieille Egypte.

Ruine des irrigations. — La prospérité de la Mésopotamie ne fut pas entamée sous les Achéménides, ni sous la domination macédonienne, Alexandre ayant un génie trop averti pour laisser péricliter cette fertilité. Plus tard, Babylone, dont l'enceinte extérieure ne mesurait pas moins de 90 kilomètres de développement, tomba peu à peu en décadence. Au temps d'Auguste, la ville n'avait plus qu'une faible population. Des Juifs, venus de Jérusalem après la destruction de leur ville, y rédigèrent le Talmud babylonien. Les matériaux des édifices avaient servi à la construction de Ctésiphon et de Séleucie, plus tard de Bagdad. Après le XIe siècle, la cité fameuse était complètement abandonnée et ses ruines forment aujourd'hui des collines de briques. Il en fut de même de Ninive, de Ctésiphon et de Séleucie, pour ne parler que de ces villes célèbres.

La grande catastrophe est due à l'incurie caractéristique des époques de troubles.

Au cours des cinq ou six derniers millénaires, les rapides de l'Euphrate, entre Anah et Hitt se sont usés lentement. Au moment des crues, les eaux ne parviennent plus sur les terres avoisinant le fleuve. De grandes roues élévatoires actionnées par le courant, sont en usage de nos jours pour l'arrosage de jardins beaucoup plus exigus que ceux d'un lointain passé.

De même, en amont de Samara, le Tigre a désagrégé profondément son lit. Son niveau de crue est inférieur d'une douzaine de mètres à celui qu'il avait au XIVe siècle de notre ère.

La destruction des barrages et des digues doit

être attribuée plutôt aux hommes qu'à la nature. Ces ouvrages auraient dû cependant être conservés à tout prix, puisque la pente des terres, transversalement aux fleuves est beaucoup plus grande qu'en Egypte et que l'abandon de ces ouvrages signifiait la victoire du désert sur la terre cultivée.

Parmi ces barrages, il en existait un important sur la Sakhlawich, large de 76 mètres et profond de 7 m. 50. Après la bataille de Cunaxa, Cyrus le jeune l'utilisa pour le passage de son armée. Artaxerxès fit alors pratiquer des brèches dans ce barrage en terre. Les eaux de l'Euphrate se précipitèrent dans le Tigre. L'eau baissa considérablement dans l'Euphrate. Les mercenaires grecs de Cyrus ne purent regagner l'Asie Mineure par la voie de ce fleuve et ils remontèrent le Tigre, conduits par Xénophon. Ainsi commença la célèbre retraite des Dix mille.

En 1917, après la prise de Bagdad par l'armée britannique, les Turcs détruisirent le barrage rétabli au même point, après avoir gagné l'Euphrate pour opérer leur retraite.

Citons encore le grand barrage de Nemrod, sur le Tigre. Sa destruction fit baisser le niveau du fleuve de 7 m. et demi, laissant à sec le canal Nahrouan, large de 125 mètres et profond de 4 m. 50, ainsi que divers autres canaux.

Sir W. Willcocks pense que la totalité du débit d'étiage du Tigre et de l'Euphrate était utilisée pendant les époques de prospérité. Il semble que des barrages et des canaux devaient être abandonnés déjà sous les Arsacides. Les Sassanides essayèrent de faire revivre l'ancienne civilisation. Les conquérants arabes du VIIe siècle ne s'établirent pas dans les anciennes capitales et leur substituèrent Wassit et Bassorah, mais les khalifes bâtirent Bagdad au VIIIe siècle. Sous leur gouvernement éclairé, notamment sous celui d'Haroun el Rachid, les lettres, les sciences et les arts brillèrent d'un vif éclat. Mais le mal était déjà grand et l'irrigation ne couvrait plus les mêmes étendues que dans un lointain passé. Les Mongols de Gengis Khan et les Tartares de Tamerlan portèrent le dernier coup à la Mésopotamie. Les barrages, les digues, les canaux disparurent les uns après les autres et le pays se changea en désert. Le Tigre et l'Euphrate, abandonnés à eux-mêmes sans contrôle, changèrent de lit. Le désastre fut complet.

La Mésopotamie ne s'est pas relevée d'une semblable catastrophe. Heureusement que la culture du riz, introduite dans le pays pendant les derniers siècles du Moyen Age, permit de conserver certaines terres à l'agriculture.

Une des plus anciennes civilisations du monde, grande dans la science et les arts, disparut ainsi sans presque laisser de traces et sans que les autres peuples s'en soient beaucoup aperçus.

Il appartenait au XIXe siècle de dévoiler le secret des caractères cunéiformes, de retrouver les immenses bibliothèques babyloniennes, les bas-reliefs aux magnifiques décorations ensevelis dans de gigantesques tumulus.

Palestine.

On a cru que la vallée du Jourdain avait connu autrefois les bienfaits de l'irrigation. Les Hébreux avaient dû conserver, en effet, le souvenir des différents modes d'arrosage en Chaldée, leur pays d'origine, et en Egypte, où ils avaient longtemps séjourné. On connaît leur enthousiasme devant l'oasis de Jéricho, après une longue et pénible traversée du désert du Sinaï. C'était la première étape à travers la Terre promise. Mais l'oasis fameuse est de petite superficie. Elle est arrosée par des sources alimentées par les monts de Judée. Il existe d'autres petites oasis arrosées également par des eaux sourdant au pied des montagnes qui enserrent la vallée. Dans le voisinage de ces modestes étendues verdoyantes, on trouve quelques vestiges de canaux abandonnés et de quelques habitations. D'aucuns en avaient conclu que ces canaux avaient reçu autrefois leurs eaux du Jourdain.

A la demande de l'organisation sioniste de Jérusalem, nous avons parcouru la vallée du Jourdain, depuis le lac de Tibériade jusqu'à la mer Morte (1927). Cette vallée étant assez concave, il eût fallu que deux grands canaux coulussent au pied des montagnes de Judée et de Transjordanie et que leur alimentation se fît proche de la sortie du Jourdain du lac de Tibériade. Nous n'avons pas rencontré de vestiges de canaux, d'aqueducs pour la traversée des torrents, ni de ruines de villes et de villages. Dans le nord de l'Egypte et en Chaldée, on trouve de très nombreuses buttes, restes d'endroits anciennement habités. La Bible, le Talmud, les voyageurs grecs et romains auraient parlé d'une œuvre aussi utile, si elle avait été réalisée.

L'irrigation continue pendant toute l'année était seulement en pratique dans quelques points privilégiés. Il est certain qu'aux époques de prospérité, la surface arrosée était un peu plus grande qu'aujourd'hui.

Il est bien difficile d'affirmer que les sources fussent plus abondantes jadis. Nous avons vu, près de Jéricho, une rigole maçonnée, accrochée aux flancs d'un profond ravin et qu'on suppose d'origine romaine. Les dimensions de cette rigole font supposer que le débit n'a guère varié depuis

quinze à vingt siècles. Mais les cultures actuelles de bananiers et d'orangers absorbent une quantité d'eau beaucoup plus grande que les cultures du passé. Nous avons mesuré le débit de la plupart de ces sources. A Jéricho, il nous a semblé que les eaux de la fontaine d'Elisée sont à peine suffisantes pour les jardins qui entourent la petite ville, tout au moins pendant l'été. On pourrait peut-être améliorer le débit des diverses sources, mais il est douteux que la superficie cultivée puisse augmenter sensiblement.

La hauteur pluviométrique, à Jéricho, est d'une quinzaine de centimètres seulement et s'abaisse quelquefois à dix centimètres. Les températures estivales sont de l'ordre de celles qui s'enregistrent à Assouan, près du tropique du Cancer, en dépit d'une différence de latitude de 8° environ. Sous un climat aussi chaud et aussi sec, l'agriculture ne serait pas née en l'absence de sources disséminées au pied des monts.

La population de Jéricho est d'un millier d'habitants et elle n'a jamais dû être importante, même au temps d'Hérode le Grand.

Les Romains, ces grands maîtres dans l'art de l'adduction des eaux, n'ont pas dérivé de canaux du Jourdain, bien qu'ils connussent la fertilité des terres de la vallée, que Pline le Naturaliste avait vantée. Cependant ils ont doté la Judée, plus ingrate, de nombreux travaux d'hydraulique. On peut se demander comment ce peuple d'ingénieurs n'a pas donné la vie aux régions désolées qui s'étendent du lac de Génézareth à la mer de bitume. La chose était cependant possible sous une longue domination. Peut-être les Romains ont-ils redouté la température excessive qui sévit dans la vallée jordanique pendant de longs mois de l'année et qui rend si pénibles les travaux agricoles à des cultivateurs blancs?

La chaleur accablante de la vallée, notamment vers le sud, est due, en grande partie, à sa grande profondeur. On sait que c'est la plus basse des fosses exsondées du globe. Le niveau du lac de Tibériade est, en effet, à 208 mètres sous celui de la Méditerranée. L'écart des niveaux atteint près de 400 mètres pour la mer Morte.

Ernest Renan pensait que la fournaise estivale du bassin du lac de Tibériade était due à un déboisement inconsidéré, c'est-à-dire à une cause historique. L'idée est discutable. Il convient d'observer que les cultures d'été étaient peu nombreuses autour de la charmante mer de Galilée pendant l'antiquité. Les pluies, plus fréquentes à Tibériade qu'à Jéricho, ne se produisent que pendant six mois d'hiver. Sans doute, il existait des arbres fruitiers et des vignes qui demandaient quelques soins pendant les mois chauds. La plaine était de modeste étendue. Les menus travaux agricoles de la saison et les quelques arrosages au moyen de sources ou de puits se faisaient à la tombée du jour ou à l'aurore. Les hommes se reposaient, en somme, pendant tout l'été. Les céréales étaient semées en novembre et les moissons avaient lieu pendant le mois de mai. La vie était, d'ailleurs, très simple à cette époque[1].

Dans l'Attique, la situation n'était guère différente. La température d'été est très élevée, bien qu'inférieure à celle des environs de Tibériade et les pluies sont presque inexistantes à ce moment de l'année. Les montagnes qui bordent la plaine ont connu également le déboisement. M. Æginitis, directeur de l'Observatoire d'Athènes, a montré que le climat était resté sensiblement le même depuis deux mille ans. Pendant les nuits d'été se faisaient les arrosages des jardins maraîchers d'Athènes et les travaux agricoles de la saison. C'est ainsi, pour citer un exemple, que Cléanthe tirait l'eau des puits pendant une partie de la nuit et passait une portion du jour au Portique, pour enseigner le stoïcisme, sous les auspices de son illustre maître Zénon de Citium. Il semble que les observations de M. Æginitis peuvent également se rapporter à la Palestine et en particulier à la Galilée.

***

Des exemples fournis par les deux plus anciennes civilisations du monde, on peut conclure que l'irrigation ne saurait se concevoir sans une administration éclairée et vigilante, toujours penchée sur les grands problèmes de l'hydraulique agricole et de la répartition équitable des eaux d'arrosage. La discipline consentie des populations est non moins nécessaire pour donner à l'irrigation la durée, qui en est le fondement.

Charles Audebeau Bey.

1. La vallée du Jourdain, par M. Ch. AUDEBEAU BEY *(Société des Ingénieurs civils de France*, 1927).

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Levi-Civita (T.). — **Caratteristiche dei Sistemi differenziali e propagazione ondosa (lezioni raccolte dal Dott. G. Lamparello).** — 1 *vol.* 8° *de* VII-109 *p. avec figures, Nicola Zanichelli à Bologne*, 1931 ; (*Prix* : L. 15.)

L'œuvre mathématique de T. Levi-Civita, professeur de Mécanique rationnelle à l'université de Rome est bien connue et il était particulièrement qualifié pour écrire ce livre, où sont exposés ses propres travaux en liaison avec ceux de MM. Hadamard, pour les théorèmes d'existence, prince de Broglie, dont il qualifie, avec raison, l'œuvre de géniale, et avec ceux, beaucoup plus anciens, mais qu'on retrouve et retrouvera toujours à la base de l'analyse, de Cauchy.

Ces conférences faites à l'université de Rome traitent principalement des variétés caractéristiques, de l'équation canonique des petits mouvements, de la propagation des ondes sous certaines conditions, de la méthode de Cauchy pour l'intégration d'équations différentielles du premier ordre, d'applications de ces principes aux équations de l'hydrodynamique et aux équations différentielles qui, dans les théories de Maxwell régissent les phénomènes électromagnétiques, la théorie des ondes corpuscules telle que l'envisage M. de Broglie.

Ce volume porte le numéro 41 de la Collection *Attualità scientifiche*, volumes d'importances diverses, selon les vues de chaque auteur, embrassant les sujets les plus variés.

R. DE MONTESSUS DE BALLORE,
Docteur ès sciences.

2° Sciences physiques.

Tillieux (J.), *Directeur du Collège Saint-Barthélemy à Liége.* — **Leçons élémentaires de Physique expérimentale selon les théories modernes.** — 1 *vol. in-8° de* 510 *pages avec* 575 *fig. Librairie Polytechnique Béranger, Paris*, 1931 (*Prix : broché*, 30 *francs*).

M. Tillieux a précédemment publié un *Essai de traité élémentaire de physique* selon les théories modernes qui a reçu des membres de l'enseignement un accueil des plus favorables. Ce traité pourra être considéré comme la partie du maître du présent volume.

Celui-ci lui a été demandé par ses collègues, qui ont désiré avoir un travail plus élémentaire qui pût être mis, avec plus de profit, dans les mains des élèves, et où l'expérience occuperait la place qui lui revient et servirait de fondement à l'exposé des théories; telles sont ces leçons que l'auteur livre aujourd'hui au public.

L'ordre suivi diffère du tout au tout de celui qui est adopté dans les programmes de l'enseignement moyen, mais les matières traitées y correspondent. Pour permettre aux élèves de distinguer dans ces leçons la partie hypothétique de la partie définitivement acquise à la science il a été employé des petits caractères. Toutefois il a bien fallu mettre au rang des faits scientifiques les hypothèses tout à fait fondamentales et universellement admises comme l'inertie de la matière, la conservation de l'énergie, parce qu'une critique trop affinée ébranlerait la confiance des élèves et ce n'est que dans un enseignement supérieur qu'on peut sans danger découvrir le côté conventionnel des bases d'une science.

L'ouvrage comporte une introduction relative à la divisibilité de la matière, à la force, au mouvement, au travail, à l'énergie. La première partie traite de la pesanteur, des actions mutuelles des corps terrestres, des molécules, des atomes, des électrons, et la seconde partie des champs électrique et magnétique, de l'induction électromagnétique, ou inertie de l'éther, des oscillations de l'éther, et des tourbillons de l'éther.

Une conclusion se dégage de ces leçons : à travers les phénomènes physiques, dans le monde matériel, tout vient de l'éther, tout retourne à l'éther. Il aurait donc semblé que c'est par l'éther que l'auteur eût dû commencer son étude, mais il a préféré passer du composé au simple, de ce que nous voyons à ce qui nous échappe.

Par la table des matières que nous venons de résumer, le lecteur français sera certainement surpris de l'organisation de ce cours de physique qui tranche singulièrement sur la conception des ouvrages français de même nature. Il n'en sera donc que plus instructif pour lui et nous souhaiterions voir les élèves de nos lycées, les candidats au baccalauréat, entreprendre la lecture de cet ouvrage aussi original que remarquablement ordonné et clair tout en étant concis.

Des problèmes, dont l'auteur n'a pas cru devoir encombrer le texte, sont groupés à la fin du volume, car la principale utilité des problèmes est d'apprendre l'emploi des unités dans les applications des théories physiques ce qui ne va pas toujours sans difficultés.

Un index alphabétique des matières et une table alphabétique des auteurs cités faciliteront les recherches dans ce livre qui a tenu compte de toutes les théories modernes.

L. P.

3° Art de l'Ingénieur.

Arnaud (E.), *Professeur à l'Ecole centrale des Arts et Métiers et à l'Ecole supérieure des Beaux-Arts.* —

Cours d'architecture et de constructions civiles. — *2 vol. in-8° jésus de 600 pages chaque, avec de nombreuses figures, dans le texte et 1 atlas in-4° jésus de 236 planches en un carton. (Prix des deux volumes et de l'atlas reliés :* 540 *francs). Lib. Polytechnique, Ch. Béranger, Paris,* 1931.

Dans un précédent compte rendu relatif au cours d'Architecture de l'Ecole polytechnique de M. Umbdenstock, nous disions que la conception et l'exécution d'une œuvre sont les deux termes qui définissent la science architecturale prise dans son sens le plus étendu.

Dans une école comme l'Ecole Polytechnique où les élèves entrent à leur sortie dans une école d'application, c'est la conception de l'œuvre qui doit faire surtout l'objet du cours. Mais dans une école, comme l'Ecole centrale, qui est à la fois d'études théoriques et d'applications, le cours d'architecture doit donc comporter l'enseignement général que nous venons de signaler d'une façon peut-être trop concise.

Aussi dans le cours de l'Ecole centrale qui précède celui dont il s'agit ici, on passe en revue les matériaux naturels ou artificiels utilisés dans le bâtiment. On y apprend à les lier ou à les assembler dans un élément de construction.

D'autre part on y décrit aussi les éléments analytiques d'un bâtiment, les « ordres », ainsi que le langage des plans nécessaires à l'architecte pour pouvoir exprimer sa pensée.

Le présent ouvrage a donc un tout autre objet : 1° celui d'apprendre à matérialiser la conception architecturale sous forme de plans donnant satisfaction à toutes les conditions matérielles et morales du programme; 2° d'apprendre à coordonner, au point de vue des applications à faire dans le bâtiment, ce qui est enseigné dans les autres cours théoriques comme par exemple la résistance des matériaux, la physique industrielle, etc... en y ajoutant de nouvelles connaissances permettant de mettre sur pied l'ouvrage conçu et de résoudre techniquement les difficultés diverses qui se présentent pendant la construction; 3° d'apprendre à traiter les affaires.

D'une façon générale, le but de ce cours est d'étudier la suite logique des opérations que l'architecte doit faire depuis le moment où il prend connaissance du programme jusqu'au moment où l'œuvre est terminée et où les travaux sont réglés.

Un pareil enseignement est déjà très vaste et l'on ne peut songer à passer en revue tous les procédés de construction qui peuvent être employés; il faut donc dégager des procédés fondamentaux, expliciter la méthode avec laquelle on doit aborder les problèmes qui se posent dans le bâtiment et montrer les raisons des solutions adoptées.

Il faut aussi fournir beaucoup de documents, afin d'éviter plus tard les recherches longues et qui peuvent rester infructueuses. Indépendamment des connaissances techniques indispensables, l'architecte doit souvent faire appel à l'observation, à la réflexion, au jugement, et ce sont ces qualités essentielles qu'un cours doit, en outre, s'efforcer de développer chez les élèves.

Ce cours comprend deux parties : la première partie est l'examen des diverses opérations successives que l'on doit envisager dans l'édification d'un bâtiment, depuis le moment où l'architecte reçoit le programme jusqu'au moment où l'œuvre est terminée et réglée; ces opérations, l'auteur les a groupées comme il suit :

1° détermination et étude du programme;

2° choix du terrain;

3° recherche du parti à adopter (composition);

4° mise au net des esquisses du parti (avant-projet);

5° contrôle scientifique; établissement du détail et dessins d'exécution;

6° établissement du devis descriptif et du cahier des charges;

7° établissement du devis estimatif;

8° établissement des marchés;

9° appel et désignation des entrepreneurs;

10° exécution; surveillance; conduite; réception des travaux;

11° établissement des comptes, vérification des mémoires et attachements;

12° enfin établissement des honoraires et de la comptabilité de l'architecte.

La deuxième partie comprend la technique même du bâtiment.

Mais si l'art de bâtir s'enseigne généralement en passant en revue successivement les différents corps d'état, et si l'on sait par ce procédé ce que chaque corps d'état peut faire dans le bâtiment, l'inconvénient de ce mode d'enseignement est qu'on ne voit pas comment ces corps d'état se lient entre eux pendant la construction. Aussi l'auteur a adopté dans son enseignement l'ordre suivant lequel le bâtiment s'édifie, en faisant intervenir successivement les différents corps d'état comme ils interviennent dans la réalité.

Il prend pour cela un bâtiment idéal; idéal au point de vue de l'enseignement, et dans lequel on rencontrera toutes les natures de fondations, toutes les natures de constructions, toutes les difficultés que l'auteur résout au fur et à mesure qu'elles peuvent logiquement se présenter au cours des travaux.

C'est donc essentiellement ici un cours d'application: l'auteur, comme il convenait, y a répandu en abondance les renseignements pratiques les plus utiles qu'il serait plus tard difficile de trouver ou qui nécessiteraient tout au moins de longues recherches. Un atlas de 236 planches constituera d'ailleurs pour l'architecte une documentation précieuse.

L'auteur est trop connu pour qu'il soit utile d'insister sur la qualité de son œuvre; mais nous pouvons ajouter que les deux ouvrages, celui de M. Umbdenstock et celui de M. Arnaud, qui viennent d'être analysés dans cette *Revue* constituent un ensemble remarquable que tout architecte estimera certainement indispensable de posséder.

L. Potin.

*
**

Croiset, *Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique.* — **Etude sur le moulage de l'Acier.** — 1 *vol.* 16×25, *de* IX-206 *pages avec figures, Dunod, Paris,* 1931 (*Prix : broché,* 55 *francs*).

C'est assurément avec quelque raison que M. Croiset écrit, dans la préface de son ouvrage, les lignes suivantes:

« Les progrès rapides des applications de la mécanique et de la machinerie dans le dernier siècle semblent avoir à tel point envahi les industries du fer, que leurs fondements mêmes qui sont la forge et la fonderie, arts proprement métallurgiques qui en furent autrefois la partie principale, semblent avoir sombré dans la marée de la mécanique. »

Une telle situation ne pouvait subsister longtemps sans danger. Des associations se sont constituées, en France et à l'étranger, qui groupent les techniciens de la fonderie. On connaît aussi notre Ecole supérieure de fonderie, de création récente.

Il est désormais reconnu que l'art complexe de la fonderie présente un caractère scientifique; qu'il relève de l'expérience raisonnée; que les opérations du moulage sont soumises à des lois qui en déterminent le résultat heureux ou malheureux et dont on ne saurait s'écarter.

M. Croiset donne aujourd'hui, sur le moulage de l'acier, une étude très complète, dont le côté théorique lui assure, par sa tenue scientifique, un intérêt vraiment général, cependant qu'elle ne cesse de s'appuyer sur les faits observés par l'auteur au cours de dix années de pratique d'atelier, ainsi que sur les réflexions et les hypothèses suggérées par ces faits.

Après le rappel de quelques généralités sur l'acier et les différentes façons de le travailler, la première partie de l'ouvrage est consacrée à l'exposé et à la discussion des phénomènes qui accompagnent le moulage de l'acier, c'est-à-dire de ce qui se passe dans le métal avant la coulée, pendant la coulée et pendant son refroidissement, et de ce qui se passe dans les matériaux du moule, du fait de la coulée.

Viennent ensuite quelques indications sur les propriétés mécaniques de l'acier moulé.

La deuxième partie est consacrée à l'application des principes donnés dans la première à quelques parties de l'art du mouleur, aux opérations principales de la préparation et de l'emploi des matériaux du moule, ainsi qu'à la mise en chantier des pièces à mouler. Cette application est étendue à la conception même des pièces destinées à être obtenus par moulage, par quelques indications générales sur les règles à suivre dans leur étude et sur l'emploi à leur réserver dans la construction.

Il convient de souligner, au sujet de cette dernière partie, l'intérêt primordial qui s'attache à une connaissance aussi approfondie que possible des ressources et des possibilités du moulage par les agents des bureaux d'études.

Particulièrement destiné aux constructeurs qui étudient et qui commandent les pièces, et aux métallurgistes qui les exécutent, l'ouvrage de M. Croiset sera lu aussi avec profit par tous ceux qu'intéresse une science qui occupe une place de plus en plus importante dans les procédés de construction modernes.

Ph. TONGAS.

*
**

Damour (E.). — **Cours de Verrerie**, 2e partie. **La Physique thermique du Verre.** — 1 *vol. in-8o de* 242 *pages avec* 62 *figures, Librairie Polytechnique Beranger, Paris,* 1932.

La première année du Cours de verrerie a été consacrée à la Chimie du verre: composition, analyse chimique, influence des constituants sur les principales qualités des verres industriels et a déjà fait l'objet, dans nos colonnes, d'une analyse.

La seconde partie de l'enseignement de la verrerie traite des propriétés physiques des verres. La physique des verres a dans la fabrication, une importance plus grande encore que la chimie car elle embrasse toutes les étapes jusqu'au recuit, en passant par tous les stades de la fusion d'où la nécessité de donner à l'étude physique du verre un développement plus que double de celui accordé à la chimie et de lui consacrer deux années du cycle de l'enseignement et souvent de déborder le cadre des dix leçons attribuées à l'enseignement de la verrerie au Conservatoire des Arts et Métiers.

Dans ce cours de seconde année l'auteur n'a pu aborder que la première étape de la fabrication, celle qui se rapporte à la préparation des lits de fusion, à la fusion, et à l'affinage et il a dû réserver pour une troisième année du cours le refroidissement du verre, le travail par coulage, le soufflage, le moulage, la recuisson et enfin l'étude de toutes les propriétés physiques du verre après refroidissement. Ainsi limité l'enseignement de la deuxième année comporte les questions techniques et scientifiques suivantes: propriétés physiques du verre intéressant la fusion, fusion du verre; affinage, rappel des propriétés physiques intéressant la propagation de la chaleur de la flamme à la matière vitreuse; enfin l'étude des fours, leurs conduits, et leur construction.

Le cours se termine par un examen sommaire des matériaux réfractaires et de la poterie, si importants en verrerie; dans un chapitre préliminaire en tête de ce deuxième volume l'auteur a placé une nomenclature générale d'un grand nombre de verres d'industries variées; ce dictionnaire des verres se place naturellement entre l'étude chimique des verres et l'étude de ses propriétés physiques; cette documentation extrêmement précieuse et très complète a pu être établie en raison de la subvention accordée par la Commission de l'Académie des Sciences des fonds Loutreuil. Grâce d'ailleurs au concours qui lui a été accordé par M. Lemoine, professeur de physique au Conservatoire, l'auteur peut garantir la valeur et la

sûreté de toutes les définitions et données physiques concernant les verres. C'est dire ainsi quel est l'intérêt de cet ouvrage pour les maîtres verriers car de nos jours, avec les procédés mécaniques, la fusion doit fournir non seulement un verre parfaitement affiné, mais réaliser la température invariable et la viscosité constante. Les indications contenues dans ce livre aideront les verriers à mener à bien leur œuvre difficile. F. MICHEL.

***

Association technique maritime et aéronautique. — *Session de* 1931 (*Bulletin, n°35*). — 1 *vol. de* 974 *pages, avec figures, Chaix, Paris,* 1931.

L'Association technique maritime et aéronautique a tenu en juin 1931 sa trente-cinquième session ordinaire dont le compte rendu fait, comme chaque année, l'objet d'un volume très important. En outre, sur son invitation, l'Institut of Naval Architects avait accepté de tenir cette année en France son *Summer Meeting* qui est ainsi devenu une réunion commune aux membres de ces deux groupements. Le compte rendu de cette session extraordinaire accroît encore l'importance du présent bulletin de l'Association.

Le nombre des mémoires présentés, ainsi que leur extrême variété, nous interdit toute possibilité de les analyser, de sorte que nous devons nous borner à en donner l'énumération.

Les mémoires présentés à la session ordinaire traitent des sujets suivants :

La directivité en acoustique sous-marine, par M. P. Langevin.

Application de la soudure à l'arc aux constructions navales, par M. J. Pinczon.

Etude analytique des phénomènes de cavitation, par M. R. Legras.

L'apparition de la cavitation dans le fonctionnement des hélices, par M. R. Brard.

Note au sujet de la fatigue des plaques percées de trous, par M. A. Fade.

Recherches expérimentales sur la fatigue à la dilatation des tuyautages de vapeur, par M. H. de Leiris.

La technique du graissage, par M. H. Brillié.

Stabilité d'un solide posé sur une base compressible avec application aux échouages de navires au bassin, par M. A. Renvoisé.

Utilisation, pour la production d'eau douce à bord des navires, des calories perdues par l'eau de circulation des condenseurs, par M. H. Brillié.

Mise en vibration des disques et ailettes de turbines par les effets gyroscopiques dus au tangage des navires, par M. A. Renvoisé.

Possibilités du moteur à deux temps suralimenté, par M. Gautier.

Possibilités du moteur à quatre temps suralimenté, par M. Gautier.

Introduction des rotations dans les solutions des équations générales de l'élasticité, par M. P. Dupont.

Contribution à l'étude du fonctionnement de l'avion suivant la méthode logarithmique, par M. A. Dufaure de Lajarte.

Contribution à l'étude de l'influence de l'allongement des ailes sur les performances d'un avion, par M. G. Bilbault.

Vibrations d'une charpente en forme de pyramide allongée, par M. Danis.

Examen critique de la méthode de la girouette pour le contrôle au laboratoire aérodynamique de la stabilité de forme des avions, par M. A. Lapresle.

Les courbes d'égale consommation et le rayon d'action des avions, par M. L. Kahn.

Contribution à l'étude du vol de l'avion dans un plan vertical, par M. E. Leroux.

Application des moteurs à injection à l'aéronautique, par M. G. Clerget.

Le problème de la stabilité des régimes de vol, par M. Roy.

Contribution à la théorie des ailes sustentatrices, par M. Roy.

La distribution à intensité constante et ses applications à la marine, par M. A. Avril.

Application des accumulateurs électriques sous-marins, par M. L. Jumau.

Remarque sur le calcul dimensionnel des électro-aimants, par MM. R. Boris et C. Salomon.

Utilisation du cinématographe pour quelques essais en mer, par M. A. Pommelet.

A la session extraordinaire, ont été présentés les mémoires suivants :

Le tracé et les dimensions du navire le plus économique, par Sir J.-H. Biles.

Réflexions sur quelques recherches et tendances de la construction navale contemporaine, par M. C. François.

L'effet de la grosse mer sur la propulsion des navires à une hélice, par M. J.-L. Kent.

La technique et l'emploi de l'avion, leurs rapports avec la technique navale, par M. L. Kahn.

L'influence des appareils moteurs modernes sur le tracé des grands navires, par M. A.-T. Wall.

Considérations sur l'évolution des moteurs à combustion interne, par M. P. Dumanois.

Sans pouvoir lui faire mesurer tout l'intérêt des mémoires présentés, cette simple énumération donne cependant au lecteur une idée de l'ampleur considérable prise en 1931 par les travaux de l'Association technique maritime et aéronautique, sous la direction de son éminent président, M. l'Ingénieur général du génie maritime Rousseau.

Nous nous réservons de revenir à l'occasion sur tel ou tel de ces mémoires, d'une portée spécialement générale.

Ph. T.

***

Rosen et Fehling. — Le Diagramme It de la Combustion. *Traduit par* GUYOT. — 1 *vol. in-8° de*

102 *pages avec* 10 *planches hors texte. Dunod, éditeur, Paris*, 1932.

La thermodynamique a élargi extraordinairement notre connaissance des phénomènes de la nature. Mais si l'on vient à comparer le domaine de perfection de cette science avec l'étendue et l'importance des buts techniques à atteindre, on constate qu'il reste encore beaucoup à faire.

La principale raison de cet état de choses provient d'une part de ce que le thermodynamiste scientifique trouve rarement le courage de descendre de sa chaire, et que, d'autre part, le praticien technique s'obstine dans un empirisme traditionnel. Effectivement la pratique ne peut rien avec les seules connaissances théoriques acquises; celles-ci sont en elles-mêmes un outil non aiguisé qui n'est pas encore utilisable; ce n'est que lorsqu'une adaptation de formes l'a approprié au but qu'il devient un moyen de travail.

Ce n'est donc pas par hasard que les auteurs se sont servis de méthodes graphiques pour étudier et mettre au point les conditions thermiques de la combustion.

Toutefois, dans une publication antérieure, l'un des auteurs s'appuyant sur des lois jusqu'ici inconnues entre le pouvoir calorifique et le volume de fumée des combustibles qu'il avait trouvées par voie purement statistique avait pu faire lire la chaleur emportée par les fumées sur des diagrammes très simples. Mais la connaissance des pouvoirs calorifiques et de l'excès d'air étaient encore pour cela nécessaire.

Cependant des conditions simplifiées rendent possible de lire sans effort, pour des gaz de combustion, sur un diagramme (chaleur totale, température) appelé diagramme *It* la température de combustion, la chute utile de chaleur, le rendement thermique et autres indications analogues.

Le présent travail a élargi le précédent en lui donnant une base théorique pour les relations entre le pouvoir calorifique et le volume des fumées, relation qui avait été alors établie seulement par empirisme. En plus, il contient une étude d'ensemble de l'influence des dissociations sur la combustion.

Les auteurs ont cru devoir conserver ici le titre allemand de diagramme *It*, afin que ce diagramme ait le même nom conventionnel en France qu'en Allemagne. Mais si le lecteur tient pour sa commodité à en connaître l'origine et à le traduire en français il devra appeler ce diagramme, diagramme « *Qt* » c'est-à-dire le diagramme représentant la chaleur sensible de combustion en fonction de la température de combustion.

Ce volume sera d'une utilité pratique incontestable pour les ingénieurs qui auront à s'intéresser aux phénomènes de combustion.

G. Pineau.

4° Sciences diverses.

Perieteanu (Alexandre), *Inspecteur général des Ponts et Chaussées de l'Etat Roumain.* — **Traité de Mécanique économique.** — 1 *vol. in-8°* 296 *pages* (*Prix, broché : 40 francs*). *Marcel Giard, éditeur, Paris*, 1932.

En lisant le titre de cet ouvrage, on ne manquera pas de dire : Encore un essai d'introduire les mathématiques dans l'économie politique! L'auteur demande qu'on lui fasse crédit, car son but n'est pas l'introduction des mathématiques dans la question; mais il est certain que toute science quantitative doit employer des notions mathématiques et la science économique ne saurait s'en passer.

Il faut d'ailleurs remarquer que les mathématiques ne sont pas des sciences, mais des procédés-type d'analyse quantitative. Ces procédés font partie de la méthode scientifique et c'est cette méthode dans son ensemble que l'auteur a voulu appliquer à l'analyse des phénomènes économiques. Il y emploiera les symboles mathématiques quand ils pourront éclairer la voie, mais nous le répétons, là n'est pas son but.

L'objet de la mécanique économique est l'étude de l'activité consciente de l'homme; cette activité comporte deux phases, dont la première prépare les agents nécessaires à la seconde.

On aura donc une première partie qui analysera les lois de la production des capacités, et une seconde partie qui étudiera les lois de la production de l'agrément. Mais s'il il y a une activité humaine, de production, il n'y a que des activités individuelles de jouissance, et il a fallu par conséquent organiser non seulement l'activité de la production et celle de la jouissance mais aussi une activité de répartition qui détermine pour chaque homme le droit de disposer des capacités produites. L'ordre naturel de l'étude serait celui qui suivrait les phases dans leur suite naturelle, et on aurait ainsi la production, la répartition et la jouissance. Mais il y a une telle liaison entre la production qui fournit les capacités et la jouissance qui les consomme qu'on ne pourrait séparer les deux parties sans nuire à l'exposition.

Aussi l'ouvrage est-il divisé en deux parties; la première étudie l'activité humaine sans égard à l'individu, en supposant la répartition faite d'une manière quelconque; cette partie comprend la production; la seconde comprend la répartition. Il semble ainsi que l'auteur omette la consommation des capacités. Mais la consommation est une production négative et ses lois sont par conséquent étudiées parallèlement à celles de la production proprement dite qui est, elle, positive.

Si l'ouvrage comprend la doctrine économique il laisse à d'autres l'application de cette doctrine c'est-à-dire la politique économique.

L. P.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SOCIÉTE DE BIOLOGIE

Séance du 9 Janvier 1932.

MM. **Léon Binet**, **E. Aubel** et Mlle **M. Marquis** : *Action du poumon sur les acides gras volatils du sang circulant.* Dans le but d'étudier le rôle du poumon dans le métabolisme des graisses (lipopexie, lipodiérèse pulmonaire), les auteurs ont perfusé des poumons de Chiens avec du sang citraté et renfermant un acide gras volatil (formique, acétique, propionique, butyrique). Ils ont constaté la disparition de l'acide, disparition dont ils poursuivent l'étude. — M. **H. Goldie** : *Mesure des substances antihémolytiques des filtrats bactériens.* Un facteur d'inhibition de l'hémolyse apparaît dans les cultures microbiennes au cours de leur désagrégation lente : ce facteur est dû à la présence de produits intermédiaires de la désagrégation. Ces produits, qui sont thermostables et filtrables, appartiennent au groupe des composés cristalloïdes amidonnés. Les substances antihémolytiques sont donc analogues aux substances qui exercent une action inhibitrice sur la croissance de microbes, ainsi qu'au facteur qui préside à l'immunité locale (antivirus) et qui est présent dans les filtrats. Il est possible que le facteur antihémolytique indique, jusqu'à une certaine mesure, le teneur des filtrats bactériens en antivirus. — M. **A.-C. Marie** : *Acide citrique et cholestérolémie.* Le citrate de soude, administré à des animaux plusieurs jours de suite, fait baisser dans leur sérum le taux du cholestérol (de 50 à 60 p. 100). *In vitro*, le citrate de soude n'abaisse pas le taux du cholestérol dans le plasma sanguin. D'autre part, l'auteur n'a reconnu aucun changement dans la teneur ordinaire en cholestérol des deux grands centres de production de ce lipoïde, cerveau et glande surrénale. — M.M. **Ch. Achard**, **M. Bariéty**, **A. Codounis** et **E. Hadjigeorge** : *Amylose expérimentale et perturbation d'équilibre lipidique du sang chez le Chien par injections intraveineuses de caséinate de soude.* A la suite de ces injections, les lipides totaux ont augmenté ou sont restés stationnaires chez les animaux indemnes d'amylose ; ils ont diminué chez ceux qui ont présenté de l'amylose expérimentale. Cette diminution des lipides ne porte pas sur la cholestérine, qui a même augmenté légèrement, mais porte uniquement sur les acides gras.— MM. **C. Ninni** et **V. Tramontano** : *Etude histo-pathologique des Cobayes infectés avec la tuberculose aviaire inoculée par voie lymphoganglionnaire.* Le Bacillle tuberculeux aviaire, inoculé au Cobaye par voie lympho-ganglionnaire, donne lieu à une infection générale tout d'abord non spécifique, caractérisée par une polynucléose, puis spécifique, caractérisée par des nodules formés de cellules épithélioïdes et de cellules géantes. Les lymphocytes sont toujours rares et apparaissent tardivement. Le *restitutio ad integrum* dans un délai de 4 mois, avec un simple épaississement du tissu collagène est la règle, pour tous les organes (foie, rate, poumon), excepté pour les ganglions directement inoculés, où une abcédation circonscrite persiste jusqu'au 8e mois. — M. **N. Kossovitch** : *Recherches anthropométriques et sérologiques (groupes sanguins) chez les Israélites du Maroc.* Au point de vue anthropologique on distingue chez les Israélites du Maroc deux type bien précis, l'un, assez rare, se rapproche du type hébraïque classique, l'autre, plus fin, se rapproche beaucoup du type des indigènes. Au point de vue du groupement sanguin, les Israélites présentent une grande hétérogénéité : certains sont très proches des peuples européens, d'autres se rapprochent des peuples asiatiques. Ces différences montrent bien qu'il n'y a pas actuellement une unité (race) au sens anthroposérologique, mais qu'il existe une association religieuse, dispersée dans le monde entier. — M. **M. Galéa** : *Essai de culture du virus aphteux dans l'encéphale du Cobaye.* Le virus aphteux n'est jamais capable de se multiplier de façon appréciable dans le névraxe normal ou lésé du Cobaye avant la généralisation du processus infectieux. Le virus aphteux, injecté dans le cerveau du Cobaye, y provoque constamment la généralisation. Il envahit l'organisme en entier sans produire aucun symptôme nerveux. Cette voie d'infection apparaît aussi sévère que celle du derme. Aucun fait, dans ces expériences ne permet d'attribuer au virus aphteux une affinité neurotrope particulière. — MM. **M. Galéa** et **N. Tzortzakis** : *Essais d'immunisation anti-aphteuse du Cobaye à l'aide d'un virus aphteux saponiné.* Le virus aphteux saponiné n'est pas capable de déterminer la maladie ; il reste vivant pendant un certain temps. Ce virus saponiné n'est pas capable de provoquer l'immunité quand il est injecté sous la peau du Cobaye. Enfin, lorsqu'il est injecté dans l'œdème sous-cutané provoqué par la saponine, il est détruit dans un bref délai sans laisser aucune trace d'immunité. — MM. **G. Roussy** et **M. Mosinger** : *Sur l'influence de certains facteurs locaux dans la réaction à l'histamine.* L'état vasomoteur antérieur influe manifestement sur la réaction cutanée à l'histamine, notamment sur l'érythème et l'œdème. — M. **H. Vincent** : *Sur quelques propriétés générales des cryptotoxines.* — MM. **M. Ota** et **S. Sato** : *Reproduction de la lèpre chez les animaux par l'inoculation de culture du* Mycobacterium leprae. Les auteurs concluent de leurs expériences que le Bacille de la lèpre se cultive et qu'il est inoculable aux animaux.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 5-32.